

**ACTUALIZACIÓN DEL PLAN MAESTRO VIGENTE DEL CENTRO POBLADO
DE LIBERIA, VIOTÁ, CUNDINAMARCA, COLOMBIA**

FEDERICO SUAREZ ESPINOSA

PRIMER INFORME

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ
2017**

**ACTUALIZACIÓN DEL PLAN MAESTRO VIGENTE DEL CENTRO POBLADO
DE LIBERIA, VIOTÁ, CUNDINAMARCA, COLOMBIA**

FEDERICO SUAREZ ESPINOSA

PRIMER INFORME

**DIRECTOR DE TESIS:
JORGE HUMBERTO BENAVIDEZ SANTAMARIA
INGENIERO CIVIL**

**COORDINADOR DE TESIS:
HUMBERTO PEREZ
INGENIERO CIVIL**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ**

2017

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. OBJETIVOS	
2.1 Objetivo general	5
2.2 Objetivos específicos	5
3. DESARROLLO DE LA ENTREGA 1	
.....	6
4. CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LIBERIA.....	7
5. ESTUDIOS DE POBLACIÓN.....	11
6. ESTUDIOS DE DEMANDAS DE AGUA.....	19
7. DIAGNOSTICO INTEGRAL DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO.....	26

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde a la primera entrega de la actualización del Plan maestro vigente del centro nucleado de Liberia, Viotá, Cundinamarca, Colombia. Se brindara un diagnostico a partir de la información suministrada del Plan Maestro de acueducto y alcantarillado de Liberia (PMAA) por las Empresas Publicas de Cundinamarca EPC y/o recopilada en campo, introduciendo al lector al contexto actual de Liberia (Capitulo de preliminares), luego se aplican metodologías de la actualización 0330 de 2017 (Capitulo de diagnóstico) con respecto a factores de tipo de población, estudios de demanda del agua y diagnóstico del sistema de acueducto y alcantarillado. El capítulo de diagnostico se basa en el PMAA del centro poblado Liberia, por tal motivo los cálculos y valores presentados son los utilizados por el consorcio.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general:

- Brindar un diagnóstico actual del sistema de acueducto y redes de alcantarillado de Liberia.

2.2. Objetivos específicos:

- Realizar una introducción con respecto a la información recopilada y/o suministrada (historia, localización, vías de comunicación y características de la población)
- Identificar las características principales de los sistemas de acueducto y alcantarillado de la zona de estudio, por medio de visitas de campo, información suministrada (planos, informes, hojas de cálculo) e información secundaria.
- Exponer las metodologías utilizadas del vigente RAS para realizar el plan maestro de Liberia, identificando el porqué de los resultados obtenidos.

3. DESARROLLO DE LA ENTREGA 1

En la entrega uno (1) correspondiente a la actualización del plan maestro de acueducto y alcantarillado (PMAA) del centro nucleado de Liberia, Viotá, Cundinamarca, Colombia, se pretende realizar una introducción acerca de las características principales de Liberia, como vías de acceso, población, sistema de acueducto y sistema de alcantarillado. Posteriormente se identifican las variaciones y/o cambios efectuados en los sistemas de acueducto y alcantarillado de la zona de estudio, aplicando la resolución 0330 de 2017.

4. PRELIMINARES

4.1. HISTORIA

En lengua chibcha quiere decir muchas labranzas, en el siglo XVII se escribe Biuta. La población está ubicada en el triángulo formado por la confluencia de los ríos Pilama y Viotá y la quebrada Tumbicuta. Su nombre inicial era Santa Bárbara de Anapoima y fue erigido como viceparroquia el 17 de octubre de 1777, la alcaldía era desempeñada por Francisco de Melo. El 8 de febrero de 1782 dejaba de ser dependiente de Anapoima y el 10. de marzo se nombró alcalde a Tomás Puentes. Por escritura de diciembre 12 de 1834 de la notaría de Tocaima Don Matías Basurto donó a la iglesia parroquial de Viotá la fracción de tierra donde está situada la población y sus ejidos.

Fuente: Pagina web oficial del municipio de Viotá.

4.1. ZONA NUCLEADA DE LIBERIA

Con respecto a la zona nucleada de Liberia, Municipio de Viotá, se suministra información por un habitante de la zona cuyo nombre es Luís Mario González Palacios, el cual nos manifiesta que en el año 1960 no existían vías como tal, el ingreso era en camino de herradura. Sólo hasta el año 1965 aproximadamente se inicia vías sin pavimentar y en 1968 se pavimenta la vía del centro de Liberia. Antes del año 1960 existía una hacienda del Doctor Carlos Pinzón Urdaneta llamada Liberia, de ahí el nombre de la zona nucleada y que al pasar el tiempo fue dividido en parcelas de 10 fanegadas, en donde su principal producción era el café y ganado.

Fuente: Empresas públicas de Cundinamarca S.A.

Según el RAS (título J), se define como zona nucleada a aquella población de la zona rural de por lo menos 20 viviendas, separadas por paredes, muros, cercas o huertas.

4.1. LOCALIZACIÓN DE LIBERIA

Con respecto a la zona nucleada de Liberia, Municipio de Viotá, se suministra información por un habitante de la zona cuyo nombre es Luís Mario González Palacios (en las visitas de campo realizadas por personal de las entidades involucradas en este PMAA9), el cual nos manifiesta que en el año 1960 no existían vías como tal, el ingreso era en camino de herradura. Sólo hasta el año 1965 aproximadamente se inicia vías sin pavimentar y en 1968 se pavimenta la vía del centro de Liberia. Antes del año 1960 existía una

hacienda del Doctor Carlos Pinzón Urdaneta llamada Liberia, de ahí el nombre de la zona nucleada y que al pasar el tiempo fue dividido en parcelas de 10 fanegadas, en donde su principal producción era el café y ganado. En el año 1961 se prestan los servicios públicos de agua, luz y teléfono, como también el puesto de policía y el colegio.

Fuente: Empresas públicas de Cundinamarca, Plan Maestro de Liberia.

Cuadro 4-1 Sistema de acueducto de Liberia

Visita realizada el día 02/12/17





4.1. LÍMITES CON OTROS MUNICIPIOS

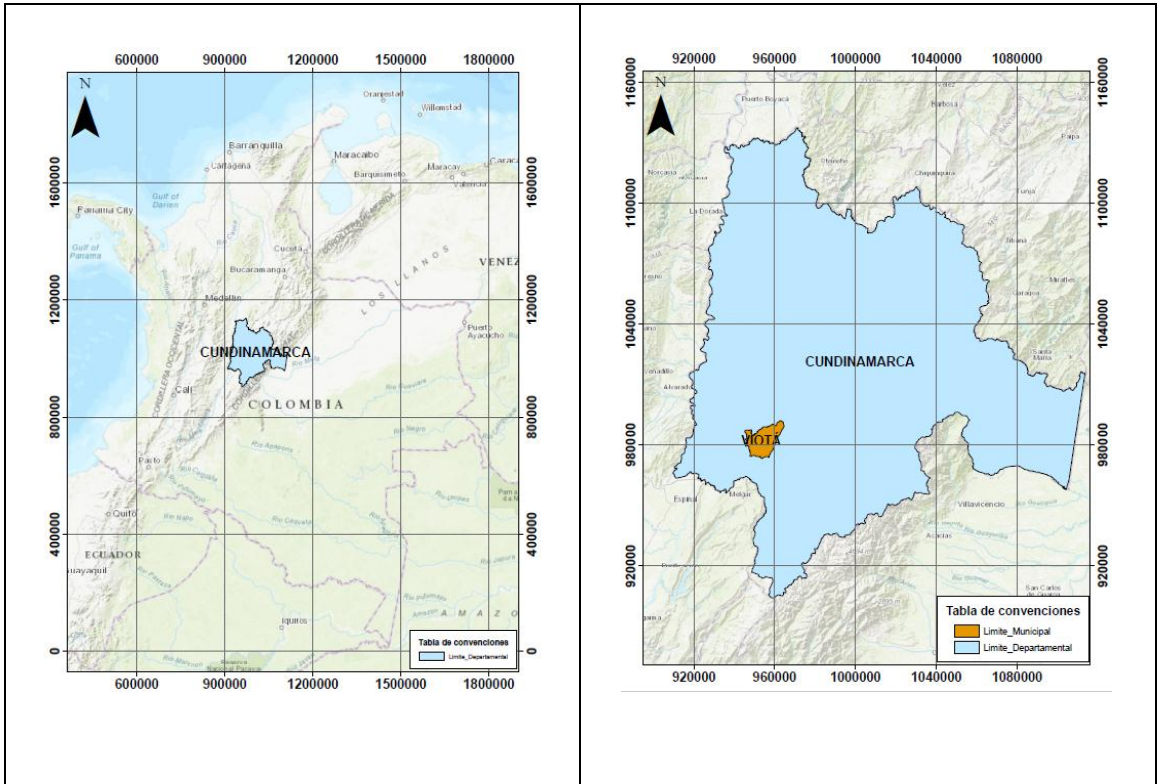
A continuación se presentan los límites con otros municipios del departamento de Cundinamarca.

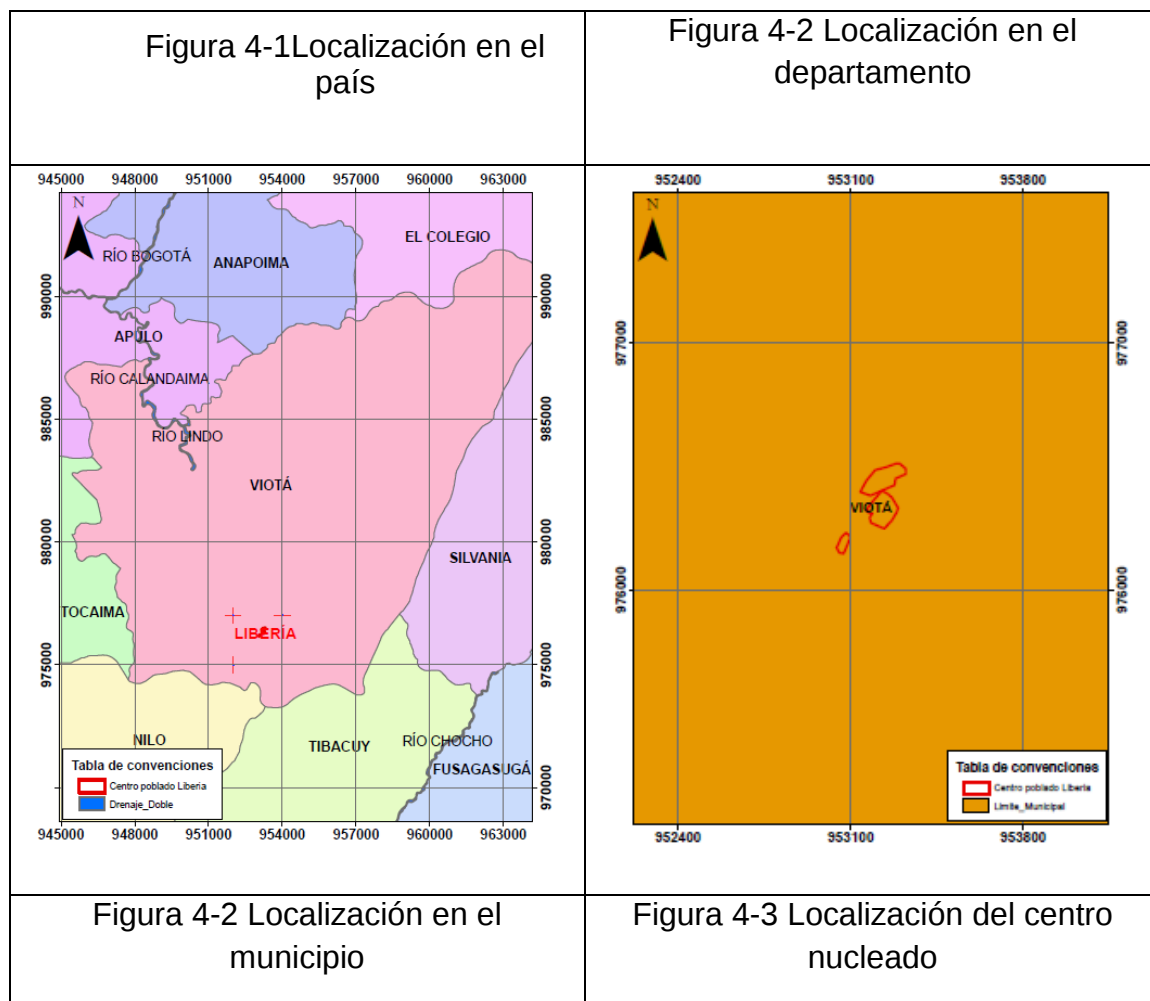
Cuadro 4-2 Límites del municipio de Viotá

Dirección	Municipio
Norte	Apulo, Anapoima y El Colegio
Sur	Nilo y Tibacuy
Oriente	Silvania y Granada

Occidente	Tocaima
-----------	---------

Cuadro 4-3 Localización del centro nucleado de Liberia





4.1. VÍAS DE COMUNICACIÓN

- Desde Bogotá por la ruta El Colegio-Viotá.
- Otra ruta desde la capital es La Mesa-Apulo-Viotá.
- Otra vía es la que comunica el municipio de Viotá con el municipio aledaño de Tibacuy y esta misma comunica con Fusagasugá.
- Liberia esta comunicada con la cabecera municipal de Viotá y Tibacuy, por los corregimientos de El cruce-Liberia-Palestina-Puerto Brasil-Tibacuy y Fusagasuga, esta vía es terciaria, ya que en la gran mayoría de su tramos se encuentra sin pavimentar y presentan movimientos de remoción en masa cuando se presentan precipitaciones altas.

4.1. ESTUDIOS DE POBLACIÓN

4.6.1. Población actual

El último censo de población realizado en el año 2005 por el Dane, se reportaron 13073 habitantes en el municipio de Viotá, de los cuales el 31 % pertenecen a la población en el casco urbano y el 69% en las zonas rurales del municipio.

4.6.2. Población por Vivienda

El censo de población realizado en el 2005 por el Dane se reportaron 5029 viviendas habitadas, de las cuales 1038 viviendas se encuentran en la cabecera municipal y 1485 en las áreas nucleadas.

4.6.3. Información básica censal

Se muestra un comportamiento creciente desde el año 1928 hasta el año 1964, luego decrece hasta el año 1973. En el año 1985 vuelve a crecer la población y disminuye en el año 1993. Finalmente crece en el año 2005.

Cuadro 5-1 Censos históricos, municipio de Viotá

AÑO	CABECERA	RESTO	TOTAL
1928	1082	8830	9912
1938	1341	10144	11485
1951	2230	10860	13090
1964	2488	13554	16042
1973	2619	12167	14786
1985	4037	13035	17072
1993	3936	11141	15077
2005	4041	9032	13073

Fuente: DANE

Cuadro 5-2 Tasas de incremento población histórica K

PERIODO	K Cabecera	K Resto	K Total
1928 – 1938	2,169%	1,397%	1,484%
1938 – 1951	3,990%	0,526%	1,011%
1951 – 1964	0,846%	1,719%	1,577%
1964 – 1973	0,572%	-1,192%	-0,902%
1973 – 1985	3,672%	0,576%	1,205%
1985 – 1993	-0,316%	-1,943%	-1,541%
1993 – 2005	0,220%	-1,734%	-1,181%
Prom. Aritmético	1,593%	-0,093%	0,236%
Prom. Ponderado	1,739%	0,039%	0,368%

Fuente: (Empresas públicas de Cundinamarca, 2017)

$$P = \frac{\text{Suscriptores} \times \frac{\text{Habitantes}}{\text{Suscriptor}}}{\text{Cobertura}}$$

$$P = \frac{101 \text{ Suscriptores} \times 3,5 \frac{\text{Habitantes}}{\text{Suscriptor}}}{0,95}$$

P = 372 habitantes

Se asume una tasa de crecimiento del 1%, tasa con la que se calcula la población al año 2005, con 350 habitantes.

4.6.4. Población Flotante

En los meses de diciembre y enero la población de Liberia aumenta en un 29%, ya que es la época de cosecha de café.

4.6.5. Proyección de Población

En las proyecciones de población analizadas, se incluyen los cálculos por los métodos establecidos en la norma RAS – 2000.

4.6.6. Proyección Método Aritmético

Mediante el método de proyección aritmético se tomó como año inicial el año 2005 y hasta el año final 2036, utilizando la siguiente ecuación.

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} (T_f - T_{uc})$$

Dónde:

Pf población (hab) correspondiente al año para el que se quiere proyectar la población

Puc población (hab) correspondiente al último año censado con información

Pci población (hab) correspondiente al censo inicial con información

Tf año al cual se quiere proyectar la información

Tuc año correspondiente al último año censado con información

Tci año correspondiente al censo inicial con información

La población en el 2012, año en que se realizó el PMAA.

Cuadro 5-3 Proyecciones de población, Método Aritmético

AÑO	CENTRO POBLADO
-----	----------------

AÑO	CENTRO POBLADO
2011	372
2012	376
2016	390
2021	409
2026	427
2031	445
2036	464

Fuente: (Empresas públicas de Cundinamarca, 2017)

4.6.7. Proyección Método Geométrico

Mediante el método de proyección geométrico se tomó como año inicial el año 2005 y hasta el año final 2036, utilizando la siguiente ecuación.

$$P_f = P_{uc}(1 + r)^{T_f - T_{uc}}$$

Dónde,

Pf Población en habitantes correspondiente al año para el que se quiere proyectar la población

Puc Población en habitantes correspondiente al último año censado con información

r Tasa de crecimiento anual en forma decimal

Tuc Año correspondiente al último año censado con información

Tf Año para el que se quiere proyectar la población

La tasa de crecimiento anual se calcula como:

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{T_{uc} - T_{ci}}} - 1$$

Dónde,

r Tasa de crecimiento anual en forma decimal

Puc Población en habitantes correspondiente al último año censado con información

Pci Población en habitantes correspondiente al censo inicial con información

Tuc Año correspondiente al último año censado con información

Tci Año correspondiente al primer año censado con información

Aplicando las ecuaciones anteriores específicamente para el centro poblado de Liberia, se encuentran los siguientes resultados:

$$r = \left(\frac{372}{350} \right)^{\frac{1}{2011-2005}} - 1$$

$$r = 0.01021$$

$$P_f = 350(1 + 0.01021)^{2012-2011}$$

$$P_f = 376 \text{ habitantes}$$

Cuadro 5-4 Proyecciones de población, Método Geométrico

AÑO	CENTRO POB
2011	372
2012	376
2016	391
2021	412
2026	433
2031	456
2036	480

Fuente: (Empresas públicas de Cundinamarca, 2017)

4.6.8. Proyección Método Exponencial

Este método no se aplicó en este PMAA, ya que no hay información suficiente.

4.6.9. Proyección otros Métodos

En este PMAA se presenta además de los métodos mostrados previamente, la proyección realizada por el DANE en el periodo comprendido entre 2005 hasta 2020, teniendo en cuenta el comportamiento de la población a nivel de departamento y de municipio. A continuación se presentan los resultados.

Cuadro 5-5 Proyecciones de poblaciones municipales por área 2005 - 2020

AÑO	CABECERA	RESTO	TOTAL
2005	4157	9410	13567
2010	4240	9163	13403
2015	4342	9009	13351
2020	4464	8840	13304

Fuente: DANE

4.6.10. Comparación de Métodos y Adopción del Método de Proyección

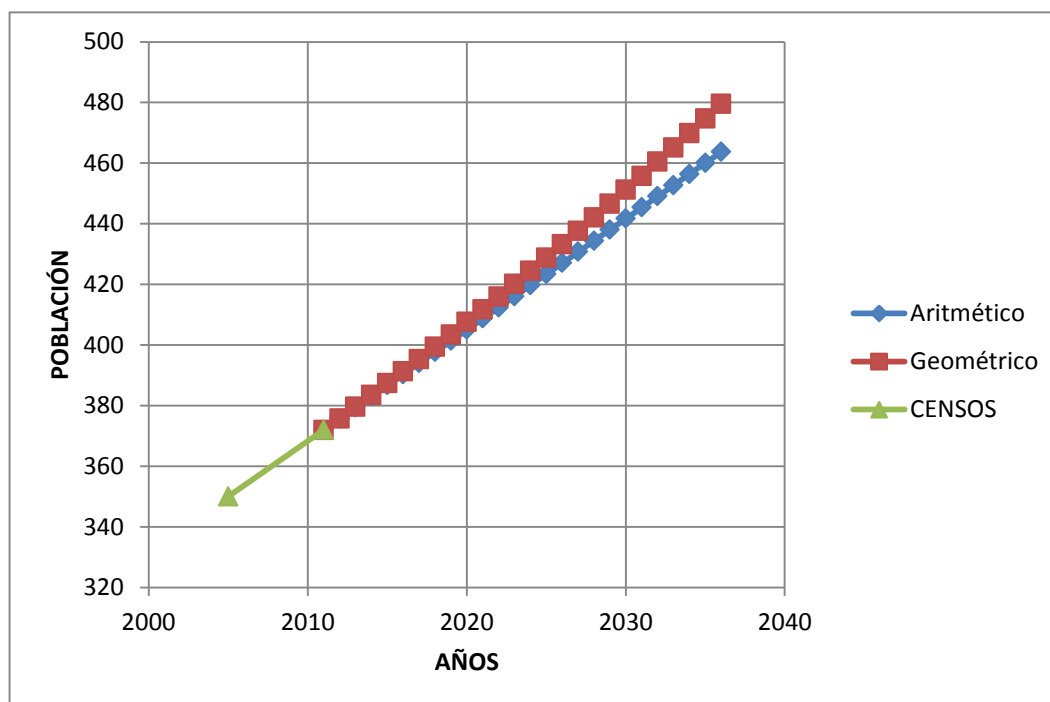
Se comparan los métodos aritmético, geométrico y lineal, identificando que el método lineal queda descartado debido a que genera menor proyección de población. Los métodos aritmético y geométrico presentan una tasa de crecimiento mayor.

Cuadro 5-6 Comparación de Métodos de proyección de población, centro poblado

AÑO	Método Aritmético	Método Geométrico
2012	376	376
2016	390	391
2021	409	412
2026	427	433
2031	445	456
2036	464	480

Fuente: (Empresas públicas de Cundinamarca, 2017)

Figura 4-5 Comparación de Métodos de proyección de población, centro poblado



Fuente: (Empresas públicas de Cundinamarca, 2017)

Se tomó como método de proyección el geométrico, a partir del año 2011 hasta el año 2036 (25 años).

Cuadro 5-7 Proyección de población de diseño para Liberia

Año	Centro Poblado	Tasa
2012	376	1.021%
2013	380	1.021%
2014	384	1.021%
2015	387	1.021%
2016	391	1.021%
2017	395	1.021%
2018	399	1.021%
2019	403	1.021%
2020	408	1.021%

Año	Centro Poblado	Tasa
2021	412	1.021%
2022	416	1.021%
2023	420	1.021%
2024	425	1.021%
2025	429	1.021%
2026	433	1.021%
2027	438	1.021%
2028	442	1.021%
2029	447	1.021%
2030	451	1.021%
2031	456	1.021%
2032	460	1.021%
2033	465	1.021%
2034	470	1.021%
2035	475	1.021%
2036	480	1.021%

Fuente: (Empresas públicas de Cundinamarca, 2017)

El análisis del PMAA de las EPC Liberia presenta que Liberia alberga 724 estudiantes en la jornada diurna, 150 en jornada nocturna y 45 estudiando en el internado, estudiantes provenientes de otros municipios.

Cuadro 5-8 Población flotante proyectada Liberia, 2012 a 2036

Año	Población Residencial (1)	Población en época de cosecha (2)	Población Estudiantil		
			Internado (3)	Liberia (4)	Resto (5)
2012	376	109	45	150	574
2016	391	114	45	157	574
2021	412	119	45	165	574
2026	433	126	45	173	574

2031	456	132	45	182	574
2036	480	139	45	192	574

Fuente: (Empresas públicas de Cundinamarca, 2017)

En esta sección se discrimina la dotación dependiendo el tipo de estudiante (internado o jornada diurna o nocturna) y los recolectores de café en época de cosecha. A continuación se presentan los resultados.

Cuadro 5-9 Proyección de población discriminada por origen y consumo para Liberia, 2012 a 2036

Año	Cobertura % (6)	Población Fija (1*6)+(3)	Población flotante (2)+(5)	Población Dotación Residencial (1*6)+(2)+(3)	Población Dotación Estudiantil (5)
2012	95	402	683	511	574
2016	100	436	681	550	574
2021	100	457	678	576	574
2026	100	478	677	604	574
2031	100	501	674	633	574
2036	100	525	671	664	574

Fuente: (Empresas públicas de Cundinamarca, 2017)

4.1. Estudios de demanda de agua

4.7.1. Nivel de Complejidad

El nivel de complejidad para el centro nucleado de Liberia es BAJO, ya que la cantidad de habitantes es menor a 2500 y la capacidad económica de los usuarios es BAJA.

Cuadro 6-1 Asignación del nivel de complejidad. Tabla A.3.1 RAS2000

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios
Bajo	< 2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	> 60000	Alta

Fuente: (RAS, 2000)

4.7.2. Periodo de diseño

El nivel de complejidad de Liberia corresponde a BAJO, o sea un periodo de diseño de 25 años. En este PMAA se tomó como base el año 2012, con 25 años de periodo de diseño hasta el año 2037.

Cuadro 6-2 Período de diseño máximo. Numeral A.11.1.3 del RAS, modificado.

Nivel de complejidad del sistema	Período de diseño máximo
Bajo, Medio y Medio alto	25 años
Alto	30 años

Fuente: (Empresas públicas de Cundinamarca, 2017)

4.7.3. Dotación Neta

Es la cantidad de agua que se requiere para satisfacer las necesidades básicas de un habitante de una población, sin considerar las pérdidas del sistema.

Cuadro 6-3 Dotación neta máxima. Numeral A.11.1.1 RAS, artículo 67, modificado.

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta máxima para poblaciones con clima frío o templado (superior a 1000msnm)	Dotación neta máxima para poblaciones con clima cálido (inferior a 1000msnm)
	l/hab/día	l/hab/día
Bajo	90	100

Medio	115	125
Medio alto	125	135
Alto	140	150

Fuente: (RAS, 2000)

4.7.4. Dotación neta actual

En este PMAA se obtuvieron los registros de lecturas de micromedidores desde el año 2004 hasta el año 2008. Se asumió que 1 usuario es igual a 3,5 habitantes. A continuación se presentan los valores.

Cuadro 6-4 Resumen de consumos históricos en Liberia

Año	2004	2005	2006	2007	2008
Número de usuarios promedio	86	84	93	95	98
Consumo total anual, m ³	16878	17359	19098	20323	18783
Consumo anual por usuario, m ³ /u/año	196.26	206.65	205.35	213.93	191.66
Consumo diario por usuario, L/u/día	536.23	566.16	562.6	586.11	523.66
Consumo diario por habitante, L/h/día **	153.21	161.76	160.74	167.46	149.62

** Se asumió que cada usuario representa 3.5 habitantes.

Fuente: Lecturas de registros del centro poblado

Fuente: (Empresas públicas de Cundinamarca, 2017)

4.7.5. Dotación Neta futuro

Liberia es 90 l/hab/día, para consumo residencial, y 30 l/est/día, para consumo estudiantil.

4.7.6. Pérdidas actuales

En las visitas de campo del personal de las entidades encargadas de este PMAA, se recopiló información de municipios o centros nucleados cercanos a Liberia, estimando un índice de agua no contabilizada de un 61 % en el municipio de El Colegio, centro poblado La Victoria.

4.7.7. Dotación Bruta Actual

La dotación bruta se calcula como

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%p}$$

$$d_{bruta} = \frac{159}{1 - 0.61}$$

La dotación bruta actual es de 407,69 lt/hab/día.

4.7.8. Dotación Bruta Futura

Se adopta el valor máximo, 25%, de pérdidas técnicas, por lo tanto la dotación bruta es 120 l/hab/día, para consumo residencial, y 40 l/est/día, para consumo estudiantil.

4.7.9. Proyección de demandas de agua

En este numeral se evalúa la demanda de agua para los componentes del sistema, con base en las proyecciones de población y dotaciones.

4.7.10. Caudal medio diario

Promedio anual de consumos diarios de la población proyectada, mediante la siguiente ecuación.

$$Q_{md} = \frac{p \cdot d_{bruta}}{86400}$$

4.7.11. Caudal máximo diario

Es el máximo consumo durante un día (24 horas) observado en un año. Con la metodología del numeral B.2.7.4 del RAS se determinó un k1:1,30 de acuerdo al nivel de complejidad. A continuación se presenta el cuadro de valores.

Cuadro 6-5 Coeficiente de consumo máximo diario. Tabla B.2.5 de RAS

Nivel de complejidad del sistema	Coeficiente de consumo máximo diario - k1
Bajo	1.30
Medio	1.30
Medio alto	1.20
Alto	1.20

Fuente: (RAS, 2010)

4.7.12. Caudal máximo horario

Corresponde al máximo consumo en 60 minutos (1 hora) que se presente un año. Con la metodología del numeral B.2.7.5 del RAS se determinó un valor de k2 de acuerdo al nivel de complejidad y el tipo de red. A continuación se presenta el cuadro de valores.

Cuadro 6-6 Coeficiente de caudal máximo horario. Tabla B.2.6 del RAS

Nivel de complejidad del sistema	Coeficiente de consumo máximo horario, k2		
	Red menor de distribución	Red secundaria	Red matriz
Bajo	1.60	-	-
Medio	1.60	1.50	-
Medio alto	1.50	1.45	1.40
Alto	1.50	1.45	1.40

Fuente: (RAS, 2017)

4.7.13. Proyección de demandas Residenciales

De acuerdo al nivel de complejidad del sistema de acueducto del centro poblado Liberia, la optimización se establece a corto plazo, es decir 5 años, a partir del año base del proyecto; por lo tanto se establece una disminución gradual de la dotación actual hasta que esta cumpla con lo establecido en la resolución 2320 del 27 de noviembre de 2009 del MAVDT.

Cuadro 6-7 Proyección de demanda residencial

AÑO	Cobertura %	Población Residencial [hab]	Dotación bruta [l/hab/día]	Qmd [l/s]	k1	QMD [l/s]	k2	QMH [l/s]
2012	95	511	408,00	2,41	1,3	3,13	1,6	5,01
2013	96	519	408,00	2,45	1,3	3,19	1,6	5,1
2014	97	528	325,00	1,99	1,3	2,59	1,6	4,14
2015	100	544	250,00	1,57	1,3	2,04	1,6	3,26
2016	100	550	150,00	0,95	1,3	1,24	1,6	1,98
2017	100	555	120,00	0,77	1,3	1	1,6	1,6
2018	100	560	120,00	0,78	1,3	1,01	1,6	1,62
2019	100	565	120,00	0,78	1,3	1,01	1,6	1,62
2020	100	571	120,00	0,79	1,3	1,03	1,6	1,65

AÑO	Cobertura %	Población Residencial [hab]	Dotación bruta [l/hab/día]	Qmd [l/s]	k1	QMD [l/s]	k2	QMH [l/s]
2021	100	576	120,00	0,8	1,3	1,04	1,6	1,66
2022	100	582	120,00	0,81	1,3	1,05	1,6	1,68
2023	100	587	120,00	0,82	1,3	1,07	1,6	1,71
2024	100	593	120,00	0,82	1,3	1,07	1,6	1,71
2025	100	598	120,00	0,83	1,3	1,08	1,6	1,73
2026	100	604	120,00	0,84	1,3	1,09	1,6	1,74
2027	100	610	120,00	0,85	1,3	1,11	1,6	1,78
2028	100	615	120,00	0,85	1,3	1,11	1,6	1,78
2029	100	622	120,00	0,86	1,3	1,12	1,6	1,79
2030	100	627	120,00	0,87	1,3	1,13	1,6	1,81
2031	100	633	120,00	0,88	1,3	1,14	1,6	1,82
2032	100	639	120,00	0,89	1,3	1,16	1,6	1,86
2033	100	645	120,00	0,9	1,3	1,17	1,6	1,87
2034	100	651	120,00	0,9	1,3	1,17	1,6	1,87
2035	100	658	120,00	0,91	1,3	1,18	1,6	1,89
2036	100	664	120,00	0,92	1,3	1,2	1,6	1,92

Fuente: (Empresas públicas de Cundinamarca, 2017)

4.7.14. Proyección otros usuarios

De igual forma como se proyectó las demandas para la población residencial, se establece la optimización del sistema a corto plazo para la población estudiantil.

Cuadro 6-8 Proyección de demanda otros usuarios

AÑO	Población Estudiantil [hab]	Dotación bruta [l/hab/día]	Qmd [l/s]	k1	QMD [l/s]	k2	QMH [l/s]
2012	574	76,92	0,51	1,3	0,66	1,6	1,06
2013	574	76,92	0,51	1,3	0,66	1,6	1,06
2014	574	65	0,43	1,3	0,56	1,6	0,9
2015	574	55	0,37	1,3	0,48	1,6	0,77

AÑO	Población Estudiantil [hab]	Dotación bruta [l/hab/día]	Qmd [l/s]	k1	QMD [l/s]	k2	QMH [l/s]
2016	574	45	0,3	1,3	0,39	1,6	0,62
2017	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,56
2018	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,56
2019	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,56
2020	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,56
2021	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,56
2022	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,56
2023	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,56
2024	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,56
2025	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,56
2026	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,56
2027	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,56
2028	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,56
2029	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,56
2030	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,56
2031	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,56
2032	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,56
2033	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,56
2034	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,56
2035	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,56
2036	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,56

Fuente: (Empresas públicas de Cundinamarca, 2017)

Cuadro 6-9 Demanda total proyectada

AÑO	2012	2016	2021	2026	2031	2036
Qmd[l/s]	2,92	1,25	1,07	1,11	1,15	1,19
QMD [l/s]	3,79	1,63	1,39	1,44	1,49	1,55
QMH [l/s]	6,07	2,6	2,22	2,3	2,38	2,48

Fuente: (Empresas públicas de Cundinamarca, 2017)

4.7.15. Demandas de agua contra incendio

Las entidades responsables por este PMAA, consideraron que no era necesario la protección contra incendios en Liberia.

4.1. DIAGNÓSTICO DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

4.8.1. Sistema de Acueducto

4.8.1.1 Fuente de suministro

El centro poblado de Liberia se abastece de la Quebrada La Pilama, la cual se localiza a unos 2 km del centro poblado de Liberia.

Según información recogida de la zona de Liberia por el fontanero Isidro Sánchez, manifiesta que no existen quebradas o ríos cercanos a la zona nucleada de Liberia y los más allegados están muy distantes para captar el agua a la zona. Así mismo manifiesta que si se capta el agua de algún río distante, presentaría problemas en los periodos secos porque se seca el río, lo que no pasa con la quebrada Pilama, que en los treinta años que lleva coordinando el señor Isidro el acueducto de Liberia no se ha secado. Por último informa que el agua de la quebrada Pilama es muy clara y apta para el consumo humano mientras que en otros ríos ya baja con un grado de contaminación y turbidez.

Fuente: Información recopilada por personal del consorcio responsable del PMAA de Liberia en sus visitas de campo.

4.8.1.2 Captación

Según información recopilada por el consorcio responsable de este PMAA, la construcción de la bocatoma de tipo rejilla data del año 1980 y capta el agua de la Quebrada La Pijama. Las dimensiones de esta bocatoma son: 21 barras, separadas cada 1 cm, con varillas de 3/8" y de 0,5m X 0,25 m.

La cámara de aquietamiento no se encuentra óptimas condiciones de funcionamiento, debido a que la erosión ha afectado su base.

Inicialmente se calculó el caudal por unidad de longitud, después la altura crítica y finalmente el caudal de diseño, que corresponde al caudal máximo diario más las pérdidas del sistema, mediante la siguiente ecuación.

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{(Q/b)^2}{g}}$$

Dónde: y_c Profundidad crítica, m

q Caudal por unidad de longitud, m³/s/m

g Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s²

Q Caudal de diseño, m³/s

b Largo del rejilla, m. Información verificada en el Libro
Acueductos teoría y diseño de Freddy Hernán Corcho y José
Ignacio Duque

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{(0.00379/0.41)^2}{9.81}} = 0.02058\text{m}$$

En este PMAA se adoptó un valor de y_1/y_c de 0.851, valor típico para bocatomas sumergidas.

Posteriormente se calcula la cantidad de energía disponible aguas arriba de la rejilla mediante la siguiente fórmula.

$$E = y + \frac{v^2}{2g} = y + \frac{Q^2}{2g(by)^2}$$

Dónde: E Energía específica, m

y Altura de la lámina de agua, m

v Velocidad del flujo, m/s

$$y = (0.02058 \cdot 0.85) = 0.01749\text{m}$$

$$E = (0.01749) + \frac{(0.00379)^2}{2 \cdot 9.81(0.41 \cdot (0.01749))^2} = 0.03173\text{m}$$

La longitud útil de la rejilla está expresada de la siguiente forma:

$$L_r = \frac{E}{eC} \left[\frac{y}{E} \sqrt{1 - \frac{y}{E}} \right]$$

Dónde: Lr Longitud útil de la rejilla, m

C Coeficiente de descarga, 0.5

e Relación de áreas de la rejilla, vacíos/total

$$e = \frac{s(n+1)}{b}$$

Dónde: s Espaciamiento entre barras, m

¹ Tabla 2.8 (Valores de Y_1/Y_c y Y_1/E) de "Acueductos. Teoría y diseño", Corcho & Duque, 1993

n Número de barras en el ancho de la rejilla (b)

$$e = \frac{0.01 (20 + 1)}{0.41} = 0.51 ; \quad L_r = \frac{0.031}{0.51 \cdot 0.5} \left[\frac{0.01749}{0.031} \sqrt{1 - \frac{0.01749}{0.031}} \right] = 0.046\text{m}$$

El consorcio encargado de realizar este PMAA encontró que la capacidad de la estructura es buena y que están de acuerdo al RAS 2000

De acuerdo a la configuración de la rejilla encontrada se determinó entonces la capacidad máxima de captación con un factor de colmatación del 50%:

$$Q_{\text{captable}} = 14,80 \text{ L/s}$$

4.8.1.3 Aducción 1

La aducción 1 cuenta con una tubería de 2½" en material de PVC y de 12 metros de longitud hasta el desarenador. Las pérdidas se asumieron de 1 %.

Cuadro 7-1 Datos de la tubería de aducción 1 del sistema

Diámetro, plg	2½
Longitud, m	12
Rugosidad absoluta, m	1.50E-06
Pérdidas menores	0,12
Diferencia de elevación, m	1,53

Fuente: (Empresas públicas de Cundinamarca, 2017)

La velocidad es calculada con la siguiente ecuación:

$$v = \frac{-2\sqrt{2gdh_f}}{\sqrt{l}} \log_{10} \left(\frac{k_s}{3.7d} + \frac{2.51v\sqrt{l}}{d\sqrt{2gdh_f}} \right)$$

Donde: v Velocidad del flujo, m/s

d Diámetro de la tubería, m

h_f Pérdidas por fricción, m

l Longitud de la tubería, m

k_s Rugosidad absoluta del material de la tubería, m

La determinación del caudal transportado por la tubería se realizó mediante un proceso iterativo, hasta que los valores no cambien entre dos iteraciones consecutivas.

- En la primera iteración se asume que las pérdidas por fricción es igual a la diferencia de elevación entre la bocatoma y el desarenador que es de 1.53 m. (Cota 1435,04 m de la bocatoma a la cota 1433.51 m del desarenador).
- Se calcula la velocidad del flujo con la expresión mencionada anteriormente.
- Posteriormente se calcula las pérdidas menores con la siguiente expresión.

$$h_m = k_m \frac{v^2}{2g}$$

Cuadro 7-2 Determinación del caudal de diseño de la aducción 1

hfi[m]	V [m/s]	hm [m]	Q [L/s]
1.53	4.00	0.10	
1.43	3.86	0.09	
1.44	3.87	0.09	12.26

Fuente: (Empresas públicas de Cundinamarca, 2017)

La tubería de la aducción 1 es capaz de transportar 12.26LPS.

4.8.1.4 Aducción 2

La aducción 2 cuenta con una tubería en PVC de 2 y 1 ½" y una longitud de 1480 m hasta el tanque de almacenamiento.

4.8.1.5 Tanque desarenador

Localizado en un lote cercano a la bocatoma a una distancia aproximada de 12 m, el tanque desarenador es de tipo convencional y cuenta con cámara de salida, cámara de aquietamiento y cámara de sedimentación. Sus dimensiones son 3 m de largo, 1,31 de ancho y 1,15 de profundidad (volumen de 4,52 m³)

En la visita técnica se encontró una estructura en buen estado, pero se evidencia la falta de mantenimiento.

De acuerdo al RAS el desarenador debe tener dos módulos que operen de forma independiente, parámetro que no cumple el tanque desarenador de Liberia.

A continuación se presenta el diagnóstico del desarenador con las características de caudal de la situación actual (2011) y futura (año 2036). Información recopilada en campo por el personal del consorcio encargado de este PMAA.

Parámetros básicos:

L	Longitud m. 3.00 m
A	Ancho m. 1.31 m
P	Profundidad m. 1.15 m
t	Período de retención 20 min. RAS A.11.2.4
T	Temperatura Liberia. 17 °C
v	Viscosidad cinemática del fluido, agua a 17°C = 1.068 E-02 cm ² /s
SS	Gravedad específica de la partícula, arena = 2.65

Condiciones caudales según demanda

Q₂₀₁₁ Caudal de evaluación año 2011, l/s

Q_{md} Caudal medio diario año 2011, l/s

Q_{MD} Caudal máximo diario año 2011, l/s

$$Q_{2011} = Q_{MD} + 0.08 Q_{md}$$

$$Q_{2011} = 3.77 + (0.08 * 2.90) = 4.00 \text{ l/s}$$

Q₂₀₃₅ Caudal de evaluación año 2036, l/s

Q_{md} Caudal medio diario año 2036, l/s

Q_{MD} Caudal máximo diario año 2036, l/s

$$Q_{2036} = Q_{MD} + 0.05 Q_{md}$$

$$Q_{2036} = 1.55 + (0.05 * 1.19) = 1.61 \text{ l/s}$$

Evaluación Tanque desarenador existente

Q_{max} Caudal máximo que puede tratar, l/s

$$Q_{max} = \frac{V_{Tanque}}{t} = 3.77 \text{ l/s}$$

d Diámetro de la partícula a remover. 0.1 mm. RAS B.4.4.6.5

De acuerdo con la ecuación de Stokes la velocidad de sedimentación efectiva es:

$$V_s = \frac{g(S_s - S_w)d^2}{18\nu}$$

Dónde: SS Gravedad específica de la partícula, arena = 2.65

SW Gravedad específica del fluido, agua = 1

v Viscosidad cinemática del fluido, agua a 17°C = 1.068 E-02
cm²/s

d Diámetro de la partícula, cm

$$V_s = \frac{g(S_s - S_w)d^2}{18\nu} = 0.842 \text{ cm/s}$$

De acuerdo con la ecuación

$$K = \frac{V_s}{V_o}$$

Dónde: k Número de Hazen (3), para un eficiencia del 75% y deflectores deficientes

VO Velocidad de sedimentación teórica

VS Velocidad de sedimentación efectiva

$$V_o = 0.281 \text{ cm/s}$$

El Caudal máximo que puede tratar para sedimentar una partícula de 0.1 mm es:
 $V_o = Q/As$

$$Q_{max} = V_o * L * A = 11.027 \text{ l/s}$$

Análisis del tanque para condiciones 2011

t Período de retención min

$$t = Q_{2011} * V_{tanque} = 18.82 \text{ min}$$

En la situación actual No cumple con el tiempo mínimo de retención de 20 minutos, RAS A11.2.4

VO Velocidad de sedimentación teórica

$$V_o = \frac{Q_{2011}}{L * A} = 0.1018 \text{ cm/s}$$

VS Velocidad de sedimentación efectiva

$$V_s = K * V_o = 0.3055 \text{ cm/s}$$

El diámetro de la partícula a remover es

$$d = \sqrt{\frac{V_s * 18\nu}{g(S_s - S_w)}} = 0.0603 \text{ mm}$$

Cumple ya que remueve partículas superiores a 0.1 mm, RAS B.4.4.6.5

Análisis del tanque para condiciones 2036

t Período de retención min

$$t = Q_{2036} * V_{tanque} = 46.80 \text{ min}$$

En el 2036 cumple con el tiempo mínimo de retención de 20 minutos, RAS A11.2.4

VO Velocidad de sedimentación teórica

$$V_o = \frac{Q_{2036}}{L * A} = 0.041 \text{ cm/s}$$

VS Velocidad de sedimentación efectiva

$$V_s = K * V_o = 0.1229 \text{ cm/s}$$

El diámetro de la partícula a remover es

$$d = \sqrt{\frac{V_s * 18v}{g(S_s - S_w)}} = 0.03382 \text{ mm}$$

Cumple ya que remueve partículas superiores a 0.1 mm, RAS B.4.4.6.5

Por lo anterior para el año 2036 se cumplen las indicaciones dadas por el RAS

4.8.1.6 Planta de tratamiento de agua potable (PTAP)

En las visitas de campo del personal de las entidades encargadas de este PMAA, identifico que no hay plantas de tratamiento de agua potable.

4.8.1.7 Tanque de Almacenamiento

En las visitas de campo del personal de las entidades encargadas de este PMAA, identificaron un tanque de almacenamiento hecho en concreto y que presenta fisuras y que cuenta con las siguientes medidas: Largo 6,6 m, ancho 5,5 m y profundidad 1,5 m, el volumen es 45 m³.

En este PMAA se evaluó la capacidad del tanque de almacenamiento con la metodología del RAS, numeral B.9.3. A continuación se presentan los resultados

Cuadro 7-3 Almacenamiento tanque

AÑO	Qmd [m ³ /día]	QMD [m ³ /día]	VolMD [m ³]	Volincendio [m ³]	VolTotal [m ³]	ΔV [m ³]	t [hrs:min:seg]
2012	252,29	327,46	109,15	0,00	109,15	-	0:00:00
2016	108,00	140,83	46,94	0,00	46,94	-	0:00:00
2021	92,45	120,10	40,03	0,00	40,03	4.97	1:17:27
2026	95,90	124,42	41,47	0,00	41,47	3.53	0:53:02
2031	99,36	128,74	42,91	0,00	42,91	2.09	0:30:19
2036	102,82	133,92	44,64	0,00	44,64	0.37	0:05:07

Fuente: (Empresas públicas de Cundinamarca, 2017)

4.8.1.8 Redes de distribución

De acuerdo a información secundaria recopilada para realizar el PMAA de Liberia, expone que alrededor del 95% de la población tiene servicio de agua y que el mayor consumidor de agua es Instituto de Promoción Social Liberia

5. SISTEMA DE ALCANTARILLADO

5.1. Determinación de caudales

Gracias a las visitas de campo que el consorcio determino que la cantidad de usuarios del sistema de acueducto tiene como cobertura zonas aledañas en otras veredas.

Para la determinación de caudales, el consorcio encargado del PMAA de Liberia tomo como base a 38 usuarios y el número de habitantes por usuario es de 3,5. La cobertura como se había mencionado antes es del 95 % (0,95)

$$P = \frac{\text{Usuarios} \times \frac{\text{Habitantes}}{\text{Usuarios}}}{\text{Cobertura}}$$

$$P = \frac{38 \text{ Usuarios} \times 3,5 \frac{\text{Habitantes}}{\text{Usuarios}}}{0,95}$$

$$P = 140 \text{ habitantes}$$

Cuadro 8-1 Proyección Población para cálculo de caudales de alcantarillado 2012 a 2036

Año	Población Residencial (1)	Cobertura (2)	Población flotante (3)	Población Estudiantil Internado (4)	Población Total (1*2)+(3)+(4)
2012	142	95	42	45	222
2016	148	100	43	45	236
2021	155	100	45	45	245
2026	164	100	48	45	257

2031	172	100	50	45	267
2036	181	100	53	45	279

Fuente: (Empresas públicas de Cundinamarca, 2017)

5.1.1. Red de alcantarillado

4.8.1.9 Aguas residuales domésticas

El aporte de agua residencial por usuarios domésticos es el más importante para las localidades en estudio. Su magnitud se calcula con la expresión:

$$Q_D = \frac{C \cdot P \cdot R}{86400}$$

Donde QD es el caudal de aguas residuales domésticas, C es el consumo por habitante o dotación neta, P es la población servida y R el coeficiente de retorno.

El coeficiente de retorno, R, se refiere a la razón entre el agua consumida y la entregada al sistema de recolección. En el numeral D.3.2.2.1 del RAS se definen los rangos de valores guías para éste coeficiente, de acuerdo al nivel de complejidad, como se reproduce en el siguiente cuadro.

Cuadro 8-2 Coeficiente de retorno de aguas servidas domésticas. Tabla D.3.1 del RAS.

Nivel de complejidad del sistema	Coeficiente de retorno
Bajo y medio	0,7 - 0,8
Medio alto y alto *	0,8 - 0,85

*Puede ser definido por la empresa prestadora del servicio

Fuente: (RAS, 2000)

El coeficiente de retorno asumido para el sistema es de 0.8. Los cálculos se realizan para la dotación neta calculada y con la población total proyectada hasta el año final del período de diseño.

4.8.1.10 Aguas residuales industriales

No hay ninguna actividad industrial en Liberia, por tal motivo no se asumió ningún aporte adicional.

4.8.1.11 Aguas residuales comerciales

El comercio a escala minorista se combina con el uso residencial, por tal razón no se asume aporte de aguas residuales comerciales.

4.8.1.12 Aguas residuales institucionales

Este ítem se estudió de acuerdo a las instituciones educativas del municipio de Viotá, no al centro nucleado de Liberia.

Cuadro 8-3 Caudal residual institucional

AÑO	Población Estudiantil [est]	Dotación Neta [l/est/día]	R	QIN [l/s]
2011	574	30	0,80	0,16
2012	574	30	0,80	0,16
2016	574	30	0,80	0,16
2021	574	30	0,80	0,16
2026	574	30	0,80	0,16
2031	574	30	0,80	0,16
2036	574	30	0,80	0,16

Fuente: (Empresas públicas de Cundinamarca, 2017)

4.8.1.13 Caudal medio diario

El caudal medio diario de aguas residuales, QMD, se define como la suma de caudales de aguas residuales correspondientes a todos los usos del agua.

$$QMD=QD+QI+QC+QIN$$

Sumando los caudales residencial e institucional estimados, se obtiene el caudal medio diario correspondiente.

Cuadro 8-4 Cálculo de caudal medio diario

AÑO	Población [hab]	Dotación Neta [l/hab/día]	R	QD [l/s]	QI [l/s]	QC [l/s]	QIN [l/s]	QMD [l/s]
-----	--------------------	---------------------------------	---	-------------	-------------	-------------	--------------	--------------

AÑO	Población [hab]	Dotación Neta [l/hab/día]	R	QD [l/s]	QI [l/s]	QC [l/s]	QIN [l/s]	QMD [l/s]
2012	222	159	0,80	0,33	0	0	0,16	0,49
2016	236	112,5	0,80	0,25	0	0	0,16	0,41
2021	245	90	0,80	0,20	0	0	0,16	0,36
2026	257	90	0,80	0,21	0	0	0,16	0,37
2031	267	90	0,80	0,22	0	0	0,16	0,38
2036	279	90	0,80	0,23	0	0	0,16	0,39

Fuente: (Empresas públicas de Cundinamarca, 2017)

4.8.1.14 Conexiones erradas

Los aportes de aguas lluvias al sistema de alcantarillado sanitario, provenientes de malas conexiones de bajantes de tejados y patios van en función de la efectividad de las medidas de control sobre la calidad de las conexiones domiciliarias y de la disponibilidad de sistemas de recolección y evacuación de aguas lluvias.

Se entiende como conexiones erradas como el control de la calidad de las conexiones domiciliarias, evacuación de aguas lluvias y de los sistemas de recolección. El consorcio encargado de este PMAA adopto que el aporte de conexiones erradas es de 5 L/hab-día, mediante la metodología del RAS en el numeral D.3.2.2.6. A continuación se presentan los valores obtenidos.

Cuadro 8-5 Aportes conexión errada centro poblado Liberia

AÑO	Población [hab]	QCE [l/s]
2012	222	0,013
2016	236	0,014
2021	245	0,014
2026	257	0,015
2031	267	0,015
2036	279	0,016

Fuente: (Empresas públicas de Cundinamarca, 2017)

4.8.1.15 Infiltración

La infiltración no ha sido medida en este sistema, por tal razón se optó en este PMAA a las indicaciones del numeral D.3.2.2.7 del RAS

Cuadro 8-6 Aportes por infiltración en redes de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales. Tabla D.3.7 RAS

Nivel de complejidad del sistema	Infiltración alta (L / s·ha)	Infiltración media (L / s·ha)	Infiltración baja (L / s·ha)
Bajo y medio	0,15 - 0,4	0,1 - 0,3	0,05 - 0,2
Medio alto y alto *	0,15 - 0,4	0,1 - 0,3	0,05 - 0,2

*Puede ser definido por la empresa prestadora del servicio

Fuente (RAS, 2000)

4.8.1.16 Caudal máximo horario

En este PMAA se estimó con base en el caudal medio diario, aplicando un factor de mayoracion F, a partir de los métodos: Harmon, Babbitt y Florez.

MÉTODO FÓRMULA

Harmon
$$F = 1 + \frac{14}{(4 + P^{0.5})}$$

Babbitt
$$F = \frac{5}{P^{0.2}}$$

Flores
$$F = \frac{3.5}{P^{0.1}}$$

Se tomó el valor de mayor magnitud entre los tres métodos anteriormente descritos, este valor se calculó para cada año.

4.8.1.17 Caudal de diseño

El caudal de diseño para el sistema de alcantarillado en este PMAA para cada tramo se obtuvo sumando el caudal máximo horario, aportes por infiltraciones y las conexiones erradas.

$$Q_{DT} = Q_{MH} + Q_{INF} + Q_{CE}$$

Cuadro 8-7 Cálculo del caudal de diseño para alcantarillado

AÑO	Área [ha]	QCE [l/s]	QINF [l/s]	F	QMH [l/s]	QDT [l/s]
-----	--------------	--------------	---------------	---	--------------	--------------

AÑO	Área [ha]	QCE [l/s]	QINF [l/s]	F	QMH [l/s]	QDT [l/s]
2012	0,73	0,013	0,11	3,86	1,88	2,00
2016	0,73	0,014	0,11	3,86	1,56	1,69
2021	0,73	0,014	0,11	3,85	1,40	1,53
2026	0,73	0,015	0,11	3,85	1,44	1,56
2031	0,73	0,015	0,11	3,85	1,47	1,59
2036	0,73	0,016	0,11	3,84	1,51	1,63

Fuente: (Empresas públicas de Cundinamarca, 2017)

4.8.1.18 Red de alcantarillado

La red de alcantarillado de Viotá se encuentra en el casco urbano y no está en funcionamiento. Obviamente Liberia tampoco cuenta con este servicio. El sistema sanitario utilizado en la zona de estudio es por medio de letrinas, pozos sépticos o en su defecto las fuentes hídricas cercanas a Liberia.

5. DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE, APLICANDO LA RESOLUCIÓN DEL RAS 0330 DEL 2017.

En este capítulo no se pretende mostrar de manera detallada los resultados obtenidos en cuanto a los estudios de población y estudio de demanda de agua, ya que con anterioridad en el capítulo de “Preliminares” de la entrega 1 de este informe se presentan cada uno de ellos, con sus respectivas ecuaciones y metodologías.

5.1. ESTUDIO DE POBLACIÓN

5.1.1 Población actual

Se proyecta la demanda desde el año actual (2018) hasta el año de diseño (2043). Gracias a la información recopilada en campo y la información suministrada por EPC (capítulo de preliminares), en esta sección se presentan las proyecciones de población tomando como base el título B2 del RAS. La resolución 0330 no aplica ninguna actualización para los estudios de población.

El centro poblado de Liberia no fue tomado en cuenta para el censo nacional de 2005, por consiguiente se toma la información suministrada por la asociación de acueducto de Liberia, que en el año 2010 contaba con 101 usuarios (3,5 habitantes por cada usuario) y un 95 % de cobertura.

$$P = \frac{\text{Suscriptores} \frac{\text{Habitantes}}{\text{Suscriptor}}}{\text{Cobertura}}$$
$$P = \frac{101 * 3,5}{0,95} = 372 \text{ habitantes (año 2011)}$$

Como hay una tendencia negativa en el crecimiento de Liberia, se procede a dejar como 1% de tasa de crecimiento. El año 2005 se tiene una población de 350 habitantes.

5.1.2 Población flotante

La población flotante se determina a partir del 29 % de la población de Liberia. Esta población se incrementa debido a la cosecha de café en los meses de diciembre y enero.

5.1.3 Proyección método aritmético

En el capítulo de Preliminares se presentan las ecuaciones para determinar la proyección de población con este método. Se tiene información a partir del año

2011, luego se proyecta la información al año base (2018) y después cada cinco años hasta llegar al año 2043. A continuación se muestran los valores al año de diseño para el método de proyección aritmético.

Cuadro 5-1 Cálculo de proyección método aritmético

Año	Población
2011	372
2016	390
2018	398
2021	409
2026	427
2031	445
2036	464
2041	482
2043	489

5.1.4 Proyección método geométrico

Igual a la proyección del método aritmético, las ecuaciones con las que se realizó este método de proyección se encuentran en el capítulo de preliminares. . Se tiene información a partir del año 2011, luego se proyecta la información al año base (2018) y después cada cinco años hasta llegar al año 2043. A continuación se muestran los valores al año de diseño para el método de proyección geométrico.

Cuadro 5-2 Cálculo de proyección método geométrico

Año	Población
2011	372
2016	391
2018	400
2021	412
2026	433
2031	456
2036	480
2041	505
2043	515

5.1.5 Proyección método exponencial

No aplica porque no se cuenta con la información necesaria.

5.1.6 Proyección DANE

Se evidencia que en esta proyección en el casco urbano la tendencia es lineal y con tendencia de crecimiento, la población en las zonas rurales tiende a disminuir. A continuación se presenta las proyecciones efectuadas por el DANE.

Cuadro 5-1 Cálculo de proyección método DANE

Año	Cabecera	Resto	Total
2005	4157	9410	13567
2010	4240	9163	13403
2015	4342	9009	13351
2020	4464	8840	13304

Fuente (EPC, 2018)

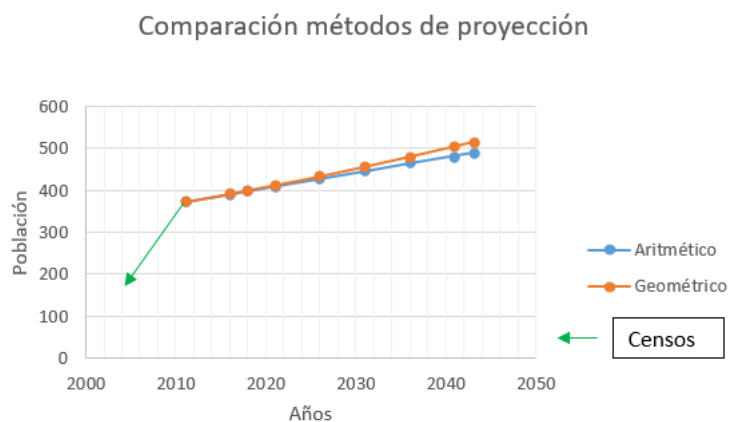
5.1.7 Comparación y adopción de métodos para la proyección de población

Se puede observar que el método geométrico para proyectar la población presenta una tasa de crecimiento mayor que el método aritmético.

Cuadro 5-3 Comparación y adopción de métodos

Método aritmético		Método geométrico	
Año	Población	Año	Población
2011	372	2011	372
2016	390	2016	391
2018	398	2018	400
2021	409	2021	412
2026	427	2026	433
2031	445	2031	456
2036	464	2036	480
2041	482	2041	505
2043	489	2043	515

Figura 5-1 Comparación de métodos de proyección



Debido a que no se cuenta contar por lo menos con dos registros de población de censos en la zona de estudio, se adopta el método de proyección geométrico, desde el año 2018 hasta el año 2043.

Cuadro 5-4 Adopción del método de proyección geométrico

Año	Población	Tasa
2018	399	1,021%
2019	403	1,021%
2020	408	1,021%
2021	412	1,021%
2022	416	1,021%
2023	420	1,021%
2024	425	1,021%
2025	429	1,021%
2026	433	1,021%
2027	438	1,021%
2028	442	1,021%
2029	447	1,021%
2030	451	1,021%
2031	456	1,021%
2032	460	1,021%
2033	465	1,021%
2034	470	1,021%

Año	Población	Tasa
2035	475	1,021%
2036	480	1,021%
2037	484	1,021%
2038	489	1,021%
2039	494	1,021%
2040	499	1,021%
2041	505	1,021%
2042	510	1,021%
2043	515	1,021%

Ya que Liberia cuenta con uno de los principales centro educativos del municipio de Viotá, es importante analizar este tipo de población, ya que cuenta 724 estudiantes en la jornada de día, 45 en el internado y 150 en la noche. La capacidad es constante, debido a que depende de la estructura física del colegio. Adicionalmente se tiene en cuenta la población en época de cosecha, que es aproximadamente el 29 % de la población. A continuación se presenta la proyección de la población flotante.

Cuadro 5-5 Proyección de población estudiantil

Año	Población (1)	Población en época de cosecha (29%) (2)	Población estudiantil		
			Internado (3)	Liberia (40%) (4)	Resto (5)
2018	399	117	45	160	574
2023	420	123	45	168	574
2028	442	130	45	177	574
2033	465	136	45	186	574
2038	489	143	45	196	574
2043	515	151	45	206	574

Cuadro 5-6 Proyección de población residencial y estudiantil

5.2. ESTUDIO DE DEMANDA DE AGUA

5.2.1 Nivel de complejidad

El nivel de complejidad para el centro poblado de Liberia es Bajo, ya que la población es inferior a las 2000 personas, indicada en el capítulo A.3. Del RAS. El nivel de complejidad es el mismo al que fue realizado el PMAA vigente por EPC.

5.2.2 Periodo de diseño

Año	Cobertura (6)	Población fija (1*6)+3	Población flotante (2)+(5)	Población dotación residencial (1*6)+(2)+(3)	Población dotación estudiantil
2018	100	444	691	561	574
2023	100	465	697	588	574
2028	100	487	704	617	574
2033	100	510	710	646	574
2038	100	534	717	678	574
2043	100	560	725	711	574

Según el artículo 40 del capítulo 1 de “Aspectos generales” de la resolución 0330 de 2017, se tiene que para todos los componentes de los sistemas de acueducto y alcantarillado se adopta un periodo de 25 años. Desde el año 2018 al año 2025.

CAPÍTULO 1

ASPECTOS GENERALES

ARTÍCULO 40. *Período de diseño.* Para todos los componentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo, se adopta como período de diseño 25 años.

Parágrafo. Para proyectos especiales para agua y saneamiento básico tales como los provenientes de alianzas público - privadas, túneles de conducción, embalses, derivaciones, grandes conducciones y disposición de residuos sólidos, se podrá aceptar un periodo de diseño mayor, siempre y cuando se efectúen los análisis técnicos y económicos que lo justifiquen.

Fuente (Resolución 0330, 2018)

5.2.3 Dotación neta

En la resolución 0330 del 2017 deroga la resolución 2320 del 2009, utilizada en el PMAA vigente de Liberia. A continuación se presentan los valores de la dotación neta máxima para las diferentes alturas promedio sobre el nivel del mar de la zona atendida.

Figura 5-2 Dotación neta máxima. Resolución 0330

Tabla 1. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA)
> 2000 m.s.n.m	120
1000 – 2000 m.s.n.m	130
< 1000 m.s.n.m	140

Fuente (Resolución 0330, 2018)

El centro poblado de Liberia se encuentra a una altura sobre el nivel del mar aproximada de 1400 m.s.n.m., por tal motivo la dotación neta máxima es de 130 L/HAB*DÍA.

Se tiene que la dotación neta histórica es el promedio desde el año 2004 hasta el año 2008 es de 159 L/HAB*DÍA (asumiendo 3,5 personas por cada usuario), años en que se tienen lecturas de micro medidores.

Figura 5-3 Consumos históricos de Liberia

Cuadro 3.14 Resumen de consumos históricos en Liberia

Año	2004	2005	2006	2007	2008
Número de usuarios promedio	86	84	93	95	98
Consumo total anual, m ³	16878	17359	19098	20323	18783
Consumo anual por usuario, m ³ /u/año	196.26	206.65	205.35	213.93	191.66
Consumo diario por usuario, L/u/día	536.23	566.16	562.6	586.11	523.66
Consumo diario por habitante, L/h/día **	153.21	161.76	160.74	167.46	149.62

Fuente (EPC, 2018)

5.2.4 Perdidas actuales

Para el análisis de las perdidas actuales del sistema no se cuenta con las lecturas de macro medidores en la zona de estudio, se establece pérdidas de 61% como en el PMAA vigente, como en el municipio del Colegio.

5.2.5 Perdidas futuras

De la misma forma en que se tomó el 25 % de pérdidas en el PMAA vigente de Liberia, la resolución 0330 del 2017 indica que no debe superar el 25 %.

Figura 5-4 Dotación bruta y perdidas en el sistema. Resolución 0330 de 2017

$$D_{bruta} = d_{neta} / (1 - \%p)$$

Donde,

D_{bruta} : Dotación bruta

d_{neta} : Dotación neta

$\%p$: Porcentaje de pérdidas técnicas máximas para diseño

Parágrafo. El porcentaje de pérdidas técnicas máximas en la ecuación anterior engloba el total de pérdidas esperadas en todos los componentes del sistema (como conducciones, aducciones y redes), así como las necesidades de la planta de tratamiento de agua potable, y no deberá superar el 25%.

Fuente (Resolución 0330, 2018)

5.2.6 Dotación bruta

5.2.6.1 Dotación bruta actual

$$\text{Dotación bruta} = \frac{\text{Dotación neta}}{1 - \% \text{Perdidas}}$$

$$\text{Dotación bruta} = \frac{159}{1 - 0,61} = 407,69 \frac{L}{HAB * DÍA}$$

5.1.1.1 Dotación bruta futura

La dotación bruta es de 130 L/HAB/DÍA para el consumo residencial y 40 L/HAB/DÍA para el consumo estudiantil.

5.2.7 Proyección de demandas de agua

5.2.7.1 Proyección de demandas residenciales

Cuadro 5-7 Proyección de las demandas residenciales 2018-2043

Año	Cobertura	Población dotación residencial	Dotación bruta	Qmd	k1	QMD	K2	QMH
2018	100	561	407	2,64	1,3	3,44	1,6	5,50
2019	100	567	407	2,67	1,3	3,47	1,6	5,55
2020	100	572	325	2,15	1,3	2,80	1,6	4,48
2021	100	577	250	1,67	1,3	2,17	1,6	3,48
2022	100	583	130	0,88	1,3	1,14	1,6	1,82
2023	100	588	130	0,89	1,3	1,15	1,6	1,84
2024	100	594	130	0,89	1,3	1,16	1,6	1,86
2025	100	600	130	0,90	1,3	1,17	1,6	1,88
2026	100	605	130	0,91	1,3	1,18	1,6	1,89
2027	100	611	130	0,92	1,3	1,19	1,6	1,91
2028	100	617	130	0,93	1,3	1,21	1,6	1,93
2029	100	623	130	0,94	1,3	1,22	1,6	1,95

Año	Cobertura	Población dotación residencial	Dotación bruta	Qmd	k1	QMD	K2	QMH
2030	100	628	130	0,95	1,3	1,23	1,6	1,97
2031	100	634	130	0,95	1,3	1,24	1,6	1,99
2032	100	640	130	0,96	1,3	1,25	1,6	2,00
2033	100	646	130	0,97	1,3	1,26	1,6	2,02
2034	100	653	130	0,98	1,3	1,28	1,6	2,04
2035	100	659	130	0,99	1,3	1,29	1,6	2,06
2036	100	665	130	1,00	1,3	1,30	1,6	2,08
2037	100	671	130	1,01	1,3	1,31	1,6	2,10
2038	100	678	130	1,02	1,3	1,33	1,6	2,12
2039	100	684	130	1,03	1,3	1,34	1,6	2,14
2040	100	691	130	1,04	1,3	1,35	1,6	2,16
2041	100	697	130	1,05	1,3	1,36	1,6	2,18
2042	100	704	130	1,06	1,3	1,38	1,6	2,20
2043	100	711	130	1,07	1,3	1,39	1,6	2,22

5.2.7.2 Proyección de otros usuarios

Adicionalmente a la población residencial, se analiza la población estudiantil.

Cuadro 5-8 Proyección de población estudiantil

Año	Población estudiantil	Dotación bruta	Qmd	k1	QMD	k2	QMH
2018	574	76,92	0,51	1,3	0,66	1,6	1,06
2019	574	65	0,43	1,3	0,56	1,6	0,90
2020	574	55	0,37	1,3	0,48	1,6	0,76
2021	574	45	0,30	1,3	0,39	1,6	0,62
2022	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,55
2023	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,55
2024	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,55
2025	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,55
2026	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,55
2027	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,55
2028	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,55
2029	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,55
2030	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,55
2031	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,55
2032	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,55
2033	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,55

Año	Población estudiantil	Dotación bruta	Qmd	k1	QMD	k2	QMH
2034	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,55
2035	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,55
2036	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,55
2037	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,55
2038	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,55
2039	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,55
2040	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,55
2041	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,55
2042	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,55
2043	574	40	0,27	1,3	0,35	1,6	0,55

La suma de la demanda residencial y estudiantil se tiene como la demanda total proyectada:

Cuadro 5-9 Demanda total (l/s)

Año	2018	2023	2028	2033	2038	2043
Qmd	3,16	1,15	1,19	1,24	1,29	1,34
QMD	4,10	1,50	1,55	1,61	1,67	1,74
QMH	6,56	2,39	2,48	2,58	2,67	2,78

5.2. SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL CENTRO POBLADO DE LIBERIA

El sistema de acueducto del centro poblado de Liberia se compone por: Captación, aducción 1, aducción 2, desarenador y tanque de almacenamiento. Para evaluar el caudal de diseño para cada uno de los componentes del sistema de acueducto se toma como referencia la actualización 0330 del 2017. A continuación se presentan los valores exigidos por esta norma.

Cuadro 5-10 Caudal de diseño para distintos componentes

COMPONENTE	CAUDAL DE DISEÑO
Captación fuente superficial	Hasta 2 veces QMD
Captación fuente subterránea	QMD
Desarenador	QMD
Aducción	QMD
Conducción	QMD
Tanque	QMD
Red de Distribución	QMH

Fuente (Resolución 0330, 2018)

5.2.7.3 Fuente de captación- Bocatoma de fondo

El caudal admisible de la fuente de captación (bocatoma sumergida) corresponde al 1% de la longitud total de la aducción, más el caudal máximo diario del año 2018. Adicionalmente se trabaja con un nivel de colmatación de un 50%, ya que muchas veces la rejilla de captación se ve obstaculizada por materiales orgánicos como ramas de árboles u otros elementos.

Los cálculos que se presentan a continuación no varían con respecto a los presentados en el capítulo de preliminares de este informe, debido a que la información recopilada y encontrada en campo es similar a la información con la que el consorcio realizó el PMAA vigente de Liberia. El único cambio significativo es el valor del Q admisible, ya que se calcula con el caudal máximo diario (QMD) al año 2018.

$$b = 0.41 \text{ (m)}$$

$$Lr = 0.18 \text{ (m)}$$

$$q = 0.00924 \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

$$Y_c = 0.02058 \text{ m}$$

$$Y' = 0.01749 \text{ m}$$

$$V_1 = 0.52855 \text{ m/s}$$

$$E = 0.03173 \text{ m}$$

$$\frac{y_1}{y_c} = 0.85$$

$$y_1 = 0.01749$$

$$C = 0.5$$

$$\emptyset = \frac{3}{8} \text{ in}$$

$$S = 0.01$$

$$n = 20$$

$$e = 0.5122$$

$$Lr = 0.04575 \text{ m}$$

$$QMD = 4.1 \frac{l}{s}$$

$$Q_{admissible} = \frac{(0.01 * 1480) + QMD}{0.5} = 0.0378 \frac{m}{s} = 37,8 \frac{l}{s}$$

El caudal admisible (caudal de diseño) supera el valor del caudal máximo diario, desde el año 2018 hasta el año final del periodo de diseño (2043), tal y como dice la resolución 0330 del año 2017.

5.2.7.4 ADUCCIONES

En esta sección se presenta la metodología propuesta para calcular la capacidad o caudal de diseño de las tuberías de aducción (fuente de suministro-desarenador). Liberia cuenta con dos tuberías de aducción, de la fuente de suministro al centro poblado de Liberia y la otra del Instituto de promoción social proveniente de la fuente de suministro. Debido a que actualmente las condiciones físicas de las aducciones son las mismas a las de 2011 (año en que fue realizado el PMAA de Liberia), los cálculos que a continuación se muestran son los mismos presentados en el capítulo de preliminares, Diagnostico de la infraestructura existente, aducciones.

Adicionalmente se busca analizar cada cinco años desde el 2018 hasta el final del periodo del diseño la capacidad de las aducciones (2043), tomando como base el RAS, la resolución 0330 del 2017 y del PMAA realizado por E.P.C.

- Aducción 1

El caudal de diseño de la aducción 1 supera en todos los años al caudal máximo diario (QMD) con 12,26 LPS, cumpliendo a cabalidad lo estipulado en la resolución 0330. El valor del QMD con el que se el consorcio encargado de este PMAA lo realizo.

Cuadro 5-11 Datos de la tubería de aducción 1 del sistema

Diámetro, plg	2½
Longitud, m	12
Rugosidad absoluta, m	1.50E-06
Pérdidas menores	0,12
Diferencia de elevación, m	1,53

Fuente: (Empresas públicas de Cundinamarca, 2017)

Cuadro 5-12 Determinación del caudal de diseño de la aducción 1

h _{fi} [m]	V [m/s]	h _m [m]	Q [L/s]
1.53	4.00	0.10	
1.43	3.86	0.09	
1.44	3.87	0.09	12.26

Fuente: (Empresas públicas de Cundinamarca, 2017)

La tubería de la aducción 1 es capaz de transportar 12.26LPS.

- Aducción 2

Utilizando como base los cálculos para la aducción 1, se tiene que la capacidad de la aducción 2 es de 2,36 LPS. Comparando la resolución 0330 del 2017 y la capacidad de la aducción se observa que no cumple con el requerimiento de que el caudal de diseño sea mayor o igual al caudal máximo diario (QMD) para el año 2018, sin embargo en los siguientes años (cada cinco años a partir del 2018) cumplen con este requisito.

Cuadro 5-13 Datos de la tubería de aducción 2 del sistema

h _{fi} [m]	V [m/s]	h _m [m]	Q [L/s]
24.00	1.19	1.07	
22.93	1.16	1.02	
22.98	1.16	1.02	
22.98	1.16	1.02	2,36

Fuente: (Empresas públicas de Cundinamarca, 2017)

5.2.7.5 Tanque desarenador

En este ítem se presenta el diagnóstico del tanque desarenador con las condiciones y demanda de agua actuales. Para las condiciones actuales se tiene como año el 2018 y se evaluara a partir de cada cinco años hasta llegar al año 2043. Las dimensiones del tanque desarenador son las mismas con las que el consorcio encargado de realizar el PMAA de Liberia se basó para el caudal de diseño (2012), por tal motivo se toman las mismas dimensiones y metodología de cálculo.

- L Longitud m. 3.00 m
- A Ancho m. 1.31 m
- P Profundidad m. 1.15 m
- t Período de retención 20 min.
- T Temperatura Liberia. 17 °C
- v Viscosidad cinemática del fluido, agua a 17°C = 1.068 E-02
cm²/s
- SS Gravedad específica de la partícula, arena = 2.65

Q₂₀₁₈ Caudal de evaluación año 2011, l/s

Q_{md} Caudal medio diario año 2018, l/s

Q_{MD} Caudal máximo diario año 2018, l/s

$$Q_{2018} = Q_{MD} + 0.08 Q_{md}$$

$$Q_{2018} = 4,1 + (0.08 * 3,16) = 4.35 \text{ l/s}$$

Q₂₀₄₃ Caudal de evaluación año 2043 l/s

Q_{md} Caudal medio diario año 2043, l/s

Q_{MD} Caudal máximo diario año 2043, l/s

$$Q_{2043} = Q_{MD} + 0.05 Q_{md}$$

$$Q_{2043} = 1,74 + (0.05 * 1,34) = 1.8 \text{ l/s}$$

Evaluación Tanque desarenador existente

Q_{max} Caudal máximo que puede tratar, l/s

$$Q_{max} = \frac{V_{Tanque}}{t} = 3.77 \text{ l/s}$$

d Diámetro de la partícula a remover. 0.1 mm. RAS B.4.4.6.5

De acuerdo con la ecuación de Stokes la velocidad de sedimentación efectiva es:

$$V_s = \frac{g(S_s - S_w)d^2}{18\nu}$$

Dónde: SS Gravedad específica de la partícula, arena = 2.65

SW Gravedad específica del fluido, agua = 1

v Viscosidad cinemática del fluido, agua a 17°C = 1.068 E-02
cm²/s

d Diámetro de la partícula, cm

$$V_s = \frac{g(S_s - S_w)d^2}{18\nu} = 0.842 \text{ cm/s}$$

De acuerdo con la ecuación

$$K = \frac{V_s}{V_o}$$

Dónde: k Número de Hazen (3), para un eficiencia del 75% y
deflectores deficientes

VO Velocidad de sedimentación teórica

VS Velocidad de sedimentación efectiva

$$V_o = 0.281 \text{ cm/s}$$

El Caudal máximo que puede tratar para sedimentar una partícula de 0.1 mm es:
Vo= Q/As

$$Q_{max} = V_o * L * A = 11.027 \text{ l/s}$$

Análisis del tanque para condiciones 2018

t Período de retención min

$$t = Q_{2018} * V_{tanque} = 17,31 \text{ min}$$

En la situación actual No cumple con el tiempo mínimo de retención de 20 minutos, RAS A11.2.4

VO Velocidad de sedimentación teórica

$$V_o = \frac{Q_{2018}}{L * A} = 0.11 \text{ cm/s}$$

VS Velocidad de sedimentación efectiva

$$V_s = K * V_o = 0.33 \text{ cm/s}$$

El diámetro de la partícula a remover es

$$d = \sqrt{\frac{V_s * 18\nu}{g(S_s - S_w)}} = 0.063 \text{ mm}$$

Cumple ya que remueve partículas superiores a 0.1 mm, RAS B.4.4.6.5

Análisis del tanque para condiciones 2043

t Período de retención min

$$t = Q_{2043} * V_{tanque} = 41,85 \text{ min}$$

En el 2043 cumple con el tiempo mínimo de retención de 20 minutos, RAS A11.2.4

VO Velocidad de sedimentación teórica

$$V_o = \frac{Q_{2043}}{L * A} = 0.046 \text{ cm/s}$$

VS Velocidad de sedimentación efectiva

$$V_s = K * V_o = 0.1374 \text{ cm/s}$$

El diámetro de la partícula a remover es

$$d = \sqrt{\frac{V_s * 18v}{g(S_s - S_w)}} = 0.0404 \text{ mm}$$

5.2.7.6 Tanque de almacenamiento

Las condiciones físicas en las que se encuentra actualmente (visita realizada en 2017) son similares a las especificadas por el consorcio en el PMAA de Liberia, por tal motivo se toma la misma metodología de cálculo y con las mismas dimensiones. Largo 6,6 m, ancho 5,5 m y profundidad 1,5 m.

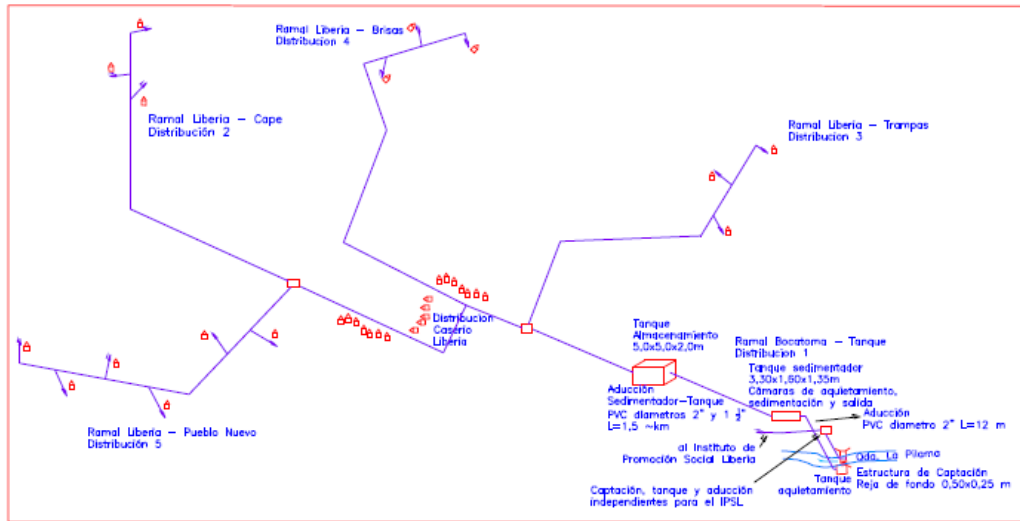
Cuadro 5-14 Resultados del tanque de almacenamiento

AÑO	Qm d l/s	QM D l/s	Qmd m3/día	QMD m3/día	VolM D m3	V incendi o m3	V total m3	V restante	Tiempo
2018	3,16	4,10	273,02	354,24	118,08	0,00	118,08	-73,08	-
2023	1,15	1,50	99,36	129,60	43,20	0,00	43,20	1,80	-
2028	1,19	1,55	102,82	133,92	44,64	0,00	44,64	0,36	-
2033	1,24	1,61	107,14	139,10	46,37	0,00	46,37	-1,37	-
2038	1,29	1,67	111,46	144,29	48,10	0,00	48,10	-3,10	-
2043	1,34	1,74	115,78	150,34	50,11	0,00	50,11	-5,11	-

Se evidencia que el tanque de almacenamiento no está cumpliendo y no está funcionando de acuerdo a lo estipulado del RAS, que establece que debe ser superior a 20 minutos.

5.2.7.7 Redes de distribución

Figura 5-13 Red de distribución de Liberia



Fuente: (Empresas públicas de Cundinamarca, 2017)

5.3. Sistema de alcantarillado del centro poblado de Liberia

5.3.1 Población al año 2011

Con la información recopilada por el consorcio, se encontró que 38 usuarios tenían servicio de alcantarillado en el año 2011. A partir de este año se vuelve a proyectar la población de estudio como se realizó en la sección “métodos de proyección”

$$P = \frac{\text{Usuarios} \times \frac{\text{Habitantes}}{\text{Usuarios}}}{\text{Cobertura}}$$

$$P = \frac{38 \text{ Usuarios} \times 3,5 \frac{\text{Habitantes}}{\text{Usuarios}}}{0,95}$$

$$P = 140 \text{ habitantes}$$

Es de gran importancia determinar el caudal institucional “Q int”, ya que el centro de promoción social alberga cuenta con una comunidad estudiantil grande, con respecto a la población residencial de Liberia.

Cuadro 5-15 Caudal institucional

Año	Población estudiantil	Dotación Neta	R	Q ins
2018	574	35	0,8	0,19
2023	574	35	0,8	0,19
2028	574	35	0,8	0,19
2033	574	35	0,8	0,19
2038	574	35	0,8	0,19
2043	574	35	0,8	0,19

5.3.2 Caudal medio diario

El caudal medio diario es la suma de todos los caudales residuales.

$$QMD=QD+QI+QC+QIN$$

Cuadro 5-16 Caudal medio diario

Año	Población	Dotación neta	R	QD	QMD
2018	238,91	95	0,8	0,21	0,40
2023	249,01	95	0,8	0,22	0,41
2028	259,64	95	0,8	0,23	0,41
2033	270,83	95	0,8	0,24	0,42
2038	282,59	95	0,8	0,25	0,43
2043	294,97	95	0,8	0,26	0,45

5.3.3 Caudal conexiones erradas

Conexiones entre tubería insuficientes, provocando pérdidas en el caudal de diseño, por tal razón se toma el criterio seleccionado por el consorcio, que a su vez fue tomado del RAS, con un valor de 5 L/Hab*Día.

Cuadro 5-17 Caudal de conexiones erradas

Año	Población	QCE
2018	238,91	0,014
2023	249,01	0,014
2028	259,64	0,015
2033	270,83	0,016
2038	282,59	0,016

2043	294,97	0,017
------	--------	-------

5.3.4 Caudal de diseño

Se calcula el caudal de diseño para cada tramo “QDT”, adicionando el caudal por infiltración “QINF” y el caudal por conexiones erradas “QCE”.

$$Q_{DT} = Q_{MH} + Q_{INF} + Q_{CE}$$

Cuadro 5-18 Caudal de diseño

Año	Área	QCE	QINF	Fharmon	FBabbit	Fflores	QMH	QDT
2018	0,73	0,014	0,11	3,86	0,03	2,85	1,46	1,58
2023	0,73	0,014	0,11	3,86	0,09	3,23	1,49	1,62
2028	0,73	0,015	0,11	3,86	0,09	3,23	1,55	1,67
2033	0,73	0,016	0,11	3,86	0,09	3,23	1,59	1,71
2038	0,73	0,016	0,11	3,86	0,09	3,23	1,62	1,75
2043	0,73	0,017	0,11	3,86	0,09	3,23	1,66	1,79

5.4. Resultados obtenidos

En la parte final de este informe, se puede interpretar los valores de los caudales de diseño de los distintos componentes de los sistemas de acueducto y alcantarillado, por tal razón en la siguiente tabla se presentan los valores desde año 2018 hasta el final del año de proyección (año 2043).

Sistema	Componente	Año					
		2018	2023	2028	2033	2038	2043
Acueducto	Bocatoma	37,80	32,60	32,70	32,82	32,94	33,08
	Aducción 1	12,26	11,30	11,50	11,90	12,00	12,05
	Aducción 2	2,36	2,00	2,10	2,12	2,20	2,25
	Desarenador	4,35	1,59	1,65	1,71	1,77	1,85
	Tanque de almacenamiento	-	-	-	-	-	-
Alcantarillado	Red Tramo	1,58	1,62	1,67	1,71	1,75	1,79

5.4.1. Bocatoma

Los valores para la bocatoma varían desde 32,6 l/s hasta 37,8 l/s, cumpliendo la resolución 0330 del 2017, superando el valor del QMD en todos los años de proyección, incluido el presente año.

5.4.2. Aducción 1

Los valores para la aducción 1 varían desde 12,05 l/s hasta 12,26 l/s, cumpliendo la resolución 0330 del 2017, superando el valor del QMD en todos los años de proyección, incluido el presente año.

5.4.3. Aducción 2

Los valores para la aducción 2 varían desde 2,36 l/s hasta 2,25 l/s, cumpliendo la resolución 0330 del 2017, superando el valor del QMD en todos los años de proyección, a excepción del presente año, debido a que el caudal de diseño es inferior al QMD.

5.4.4. Tanque Desarenador

Los valores para la el tanque desarenador varían desde 1,59 l/s hasta 4,35 l/s, cumpliendo la resolución 0330 del 2017, superando el valor del QMD en todos los años de proyección, incluido el presente año.

5.4.5. Tanque de almacenamiento

Los valores para la el tanque de almacenamiento no cumplen de acuerdo al valor estipulado en el RAS (20 minutos), a causa de distintos factores, por ejemplo el cambio de la demanda de agua con respecto al año inicial de proyección de este PMAA (año 2011) y en la actualidad (año 2018).

Sin embargo, para que este componente funcione en óptimas condiciones y no afecte el servicio del sistema de acueducto a Liberia hay dos alternativas: 1) Construcción de un segundo tanque de almacenamiento y/o 2) regular el servicio en horas en donde no sean picos de consumo.

**ACTUALIZACIÓN DEL PLAN MAESTRO VIGENTE DEL CENTRO POBLADO
DE LIBERIA, VIOTÁ, CUNDINAMARCA, COLOMBIA**

FEDERICO SUAREZ ESPINOSA

SEGUNDO INFORME

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

BOGOTÁ

2018

**ACTUALIZACIÓN DEL PLAN MAESTRO VIGENTE DEL CENTRO POBLADO
DE LIBERIA, VIOTÁ, CUNDINAMARCA, COLOMBIA**

FEDERICO SUAREZ ESPINOSA

SEGUNDO INFORME

**DIRECTOR DE MONOGRAFIA:
JORGE HUMBERTO BENAVIDEZ SANTAMARIA
INGENIERO CIVIL**

**COORDINADOR DE MONOGRAFIA:
HUMBERTO PEREZ
INGENIERO CIVIL**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ
2018**

CONTENIDO

8. INTRODUCCIÓN.....	4
-----------------------------	----------

7. OBJETIVOS	
a. Objetivo general	5
b. Objetivos específicos	5
8. DESARROLLO DE LA ENTREGA 2	
.....	6
9. ALTERNATIVAS DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO.....	7
10.ALTERNATIVAS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO	
.....	13
11.COSTOS ALTERNATIVAS DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO.....	14
12.COSTOS ALTERNATIVA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO.....	32
13.ELECCION DE LAS ALTERNATIVAS SELECCIONADAS.....	36
14.CONCLUSIONES.....	40

6. INTRODUCCIÓN DE LA ENTREGA 2

El presente informe corresponde a la segunda entrega de la actualización del Plan maestro vigente del centro nucleado de Liberia, Viotá, Cundinamarca, Colombia. Con base al primer informe entregado (Preliminares y Diagnostico aplicando la resolución 0330 del 2017 del RAS) se plantean distintas alternativas para cada

uno de los componentes del sistema de acueducto y alcantarillado, tomando como guía el PMAA realizado por el consorcio. Posteriormente se selecciona la alternativa más factible, con respecto a factores como: localización, facilidad de construcción, practicidad y la que cumpla los lineamientos del RAS y la resolución 0330. Finalmente, en un capítulo de este informe se presentan las conclusiones y recomendaciones aprendidas durante la actualización del PMAA del centro nucleado de Liberia.

En los anexos de este informe se presentan los planos de cada uno de los componentes del sistema de acueducto y alcantarillado.

7. OBJETIVOS DE LA ENTREGA 2

7.1. Objetivo general:

- Plantear dos o más alternativas para cada uno de los componentes de los sistemas de acueducto y alcantarillado de Liberia.

7.2. Objetivos específicos:

- Evaluar las alternativas planteadas de los sistemas de acueducto y alcantarillado.
- Desarrollar los diseños de los componentes de los sistemas de acueducto y alcantarillado con base a la alternativa seleccionada.
- Exponer y/o presentar las conclusiones y lecciones aprendidas durante la actualización del PMAA.

8. DESARROLLO DE LA ENTREGA 2

En la entrega dos (2) correspondiente a la continuación del primer informe ya entregado y revisado de la actualización del plan maestro de acueducto y alcantarillado (PMAA) del centro nucleado de Liberia, Viotá,

Cundinamarca, Colombia, se pretende tomar como base el diagnostico aplicando la resolución 0330 del 2017, seleccionando la alternativa que mejor se acomode a las condiciones actuales del centro nucleado de Liberia. La presente entrega contiene los cálculos efectuados en la entrega 1, que sirven como respaldo para la elección de la alternativa, los planos de los componentes de los sistemas de acueducto y alcantarillado y finalmente, se presentan las conclusiones y lecciones aprendidas respecto a los datos obtenidos.

9. ALTERNATIVAS DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE LIBERIA, VIOTÁ CUNDINAMARCA

Se pretende presentar a continuación como punto de partido para el estudio de alternativas nuevamente los resultados obtenidos, aplicando los cálculos realizados por el consorcio encargado del PMAA tomando este como base, iniciando en el año 2018 hasta el año horizonte 2043.

9.1 ALTERNATIVAS DE LA FUENTE DE CAPTACIÓN- BOCATOMA DE FONDO

Como se había explicado en el informe 1, capítulo de “Diagnostico de la infraestructura existente”, el valor del Q admisible supera el valor del QMD estipulado por la resolución 0330 del año 2017 en todos los años de estudio (2018-2043).

$$QMD = 4.1 \frac{l}{s}$$

$$Q_{admissible} = \frac{(0.01 * 1480) + QMD}{0.5} = 0.0378 \frac{m}{s} = 37,8 \frac{l}{s}$$

9.1.1. Alternativa 1-Optimización de la fuente de captación-Bocatoma

Esta alternativa consiste en brindar un mantenimiento a la bocatoma cada seis meses, aplicando la metodología del AWWA, la resolución 0330 del RAS, CAR y otras entidades gubernamentales. En la visita realizada en el mes de noviembre del año 2017 se pudo observar que la bocatoma estaba trabajando colmatada por ramas de árboles, trozos de roca y otros elementos que arrastra el flujo de la quebrada, indicando un abandono y falta de mantenimiento, coincidiendo con lo registrado por el consorcio en sus visitas realizadas; incluso en los cálculos se aplica un factor de colmatación de un 50 %.

Tomando esta iniciativa los costos se minimizarían, ya que 1) se pueden prevenir futuros daños y 2) no hay necesidad de realizar ninguna reparación del sistema como tal.

9.1.2. Alternativa 2- Construcción bocatoma de fondo

En las visitas realizadas por el consorcio al centro nucleado de Liberia, identificaron que la cámara de quietamiento sufría de socavación (año 2011), con un riesgo considerable de volcamiento. Debido al concepto técnico del consorcio y la vista realizada se presenta como alternativa 2 la construcción de una bocatoma de fondo. Estas son las razones a considerar

9.2. ALTERNATIVAS DE LAS ADUCCIONES

De acuerdo a los cálculos realizados por el consorcio y los cálculos actualizados hechos a partir de la resolución 0330 del año 2017, se tiene que las capacidades de las dos aducciones Aducción 1 (Quebrada-Colegio) y Aducción 2 (Quebrada-Centro Nucleado) cumplen el requisito de superar el valor del QMD.

9.2.1 Alternativa 1- Optimización de la línea de aducción

Para esta alternativa es necesario dejar solo una línea de aducción, que pueda proveer agua al centro de promoción social y al centro nucleado como tal, para que de este modo exista solo una aducción. El propósito de esta alternativa es poder optimizar el componente de aducción dentro del sistema de acueducto a mediano y a largo plazo, ya que por facilidad de sectorización, caudal y costos es de mayor viabilidad económica que tener dos aducciones.

9.2.2 Alternativa 2- Rehabilitación de la estructura existente

Esta alternativa a corto plazo consiste en poder re habilitar la estructura existente, dotándola de elementos que una tubería de aducción necesita según los estándares internacionales del AWWA, CAR o el RAS. A continuación se presentan los elementos a adicionar:

9.2.2.1. Válvula Ventosa

Este elemento constituye un elemento básico para cualquier tipo de tubería, ya que permiten identificar la presencia de aire dentro de las tuberías.

9.2.2.2. Purga:

9.2.2.3. Válvula de corte:

9.3. ALTERNATIVAS DEL DESARENADOR

Aplicando la resolución 0330 del año 2017 se puede observar que el valor del QMD supera en todos los años de estudio el valor establecido por la resolución, por tal motivo en este ítem de alternativas no requiere que este componente del sistema de acueducto sea intervenido (rehabilitación o la construcción de un nuevo desarenador).

Siguiendo las recomendaciones dadas por el consorcio encargado del PMAA de Liberia y por la visita realizada a Liberia, se observa un descuido en cuanto a la

limpieza del desarenador (ramas de árbol, palos, material vegetal, sedimentos que arrastra el flujo del agua de la quebrada la Pijama u otros elementos que pueden perjudicar el funcionamiento óptimo de este componente), así que con esta alternativa a corto plazo se pretende realizar un mantenimiento periódico en el que se pueda contratar a personal (nativos) que pueda limpiar de manera adecuada el desarenador, evitando futuros daños que puedan perjudicar este componente.

9.4. ALTERNATIVAS DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

9.4.1. Alternativa 1- Rehabilitación del tanque de almacenamiento

Rehabilitación de la estructura, ya que presenta una abertura en un costado del tanque de almacenamiento, por tal motivo no está cumpliendo los requisitos exigidos por el RAS (tiempo de retención > a 20 minutos) y el volumen requerido para la demanda tampoco está cumpliendo. La rehabilitación consiste en reparar la abertura por donde el agua se ha venido filtrando, suspendiendo el servicio temporalmente mientras se soluciona este problema. Esta alternativa a corto plazo viene acompañada de un mantenimiento frecuente a este componente, identificando cualquier tipo de falla tempranamente, evitando futuras fallas que puedan perjudicar gravemente a Liberia.

9.4.2. Alternativa 2- Construcción de un nuevo tanque de almacenamiento

Debido a que en el capítulo de “Diagnóstico de la infraestructura existente, aplicando la resolución 0330 del 2017” se observa que este es el único componente dentro del sistema de acueducto que no está funcionando en ningún año del tiempo de estudio (tiempo de retención exigido por el RAS, que son 20 minutos y el volumen del tanque existente) y no cumple la resolución 0330, se pretende a mediano plazo o largo plazo la construcción de un nuevo tanque de almacenamiento, que pueda cumplir con el tiempo de retención > 20 minutos.

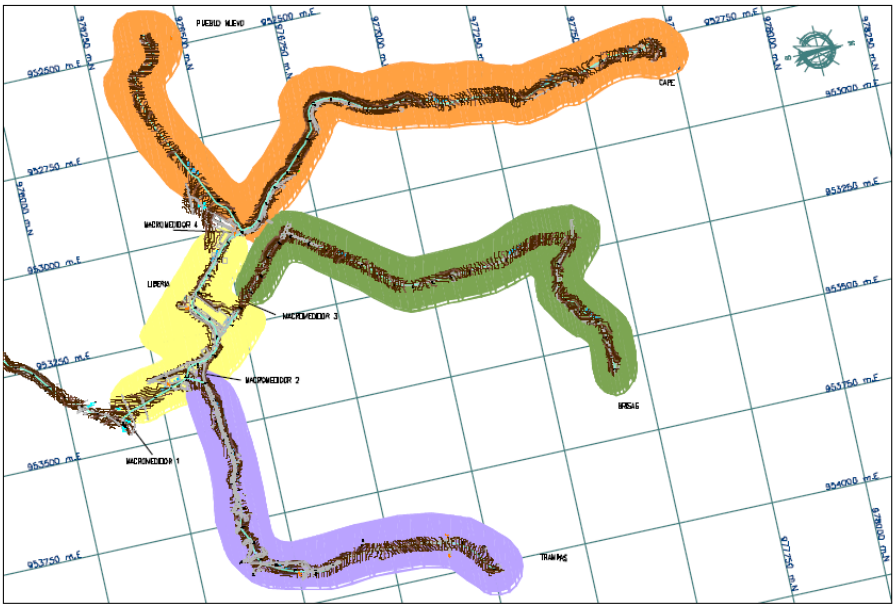
- El máximo valor del volumen total es $118,08 \frac{m^3}{s}$, valor del año 2012 y que va decreciendo gradualmente hasta llegar al valor de la dotación exigida por la resolución 0330. Así que el volumen de tanque debe ser superior a $118,08 \frac{m^3}{s}$
- Con el cambio de volumen del tanque de almacenamiento, el tiempo de retención obviamente aumentara, ya que las dimensiones de este

componente significativamente serán más grandes y por consiguiente el tiempo de retención será superior a 20 minutos. Los cálculos para esta alternativa se presentan en el “Diseño Final de las alternativas”.

9.5. ALTERNATIVAS DE LA SECTORIZACIÓN

Desde la fuente de abastecimiento de la quebrada La Pijama hasta el centro nucleado de Liberia se pretende dividir en cuatro ramales para los sectores hidráulicos rurales, mediante una red matriz; los cuales son: sector Liberia, sector Trampas, sector brisas y sector Pueblo nuevo. A continuación se presentan las características principales de esta sectorización:

Figura 9-1Sectorización hidráulica centro nucleado Liberia



Fuente (EPC, 2018)

Cuadro 9-1 Sectores hidráulicos de la zona nucleada de Liberia

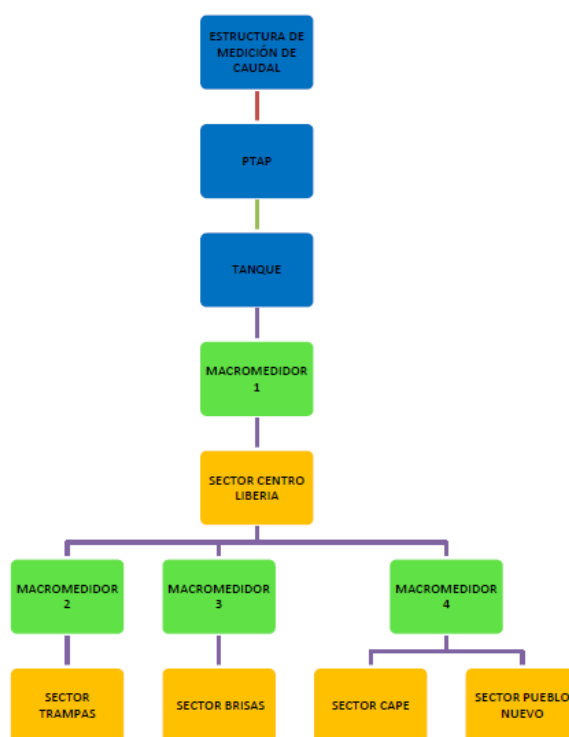
Sector hidráulico /características	Sector Liberia	Sector Trampas	Sector Brisas	Sector Cape Pueblo Nuevo
Diámetro	1 ¼ “	1 ¼ “ y ¾ “	1 “	1 ¼ “ y ¾ “

Material	PVC	PVC	PVC	PVC
----------	-----	-----	-----	-----

9.5.1. Macromedición

Se empleara para cada uno de los sectores hidráulicos anteriormente descritos, definidos de la siguiente manera:

Figura 9-2 Macromedicion del centro nucleado de Liberia



Fuente: (EPC, 2018)

9.5.1.1. Macromedicion 1:

Esta cámara de macromedicion se localizara en el perdió del tanque de almacenamiento, con el motivo de poder determinar la medición para todos los usuarios del sistema de acueducto (los 4 sectores hidráulicos.

9.5.1.2. Macromedición 2:

Esta cámara de macromedición se localizará en el sector hidráulico 1, concerniente al sector hidráulico de Trampas.

9.5.1.3. Macromedición 3:

Se instalará en el sector hidráulico 3 llamado Brisas, en la zona de la periferia del centro nucleado de Liberia, midiendo el volumen de agua suministrado en este sector.

9.5.1.4. Macromedición 4:

Esta cámara se emplazará en la zona comprendida entre Cape y Pueblo Nuevo, con el fin de determinar la cantidad de agua que se suministrará a estos dos sectores hidráulicos.

9.5.2. Micro medición

Las visitas realizadas por el consorcio evidenciaron que existían micromedidores en algunas de las edificaciones de Liberia, pero no se sabe la fecha de instalación de estos; así que se deben efectuar las siguientes verificaciones, antes de implementar la facturación del consumo (recomendaciones del consorcio encargado de realizar el PMAA de Liberia):

9.5.2.1. Recomendación 1:

Tomar como muestra el 20 % de los micromedidores existentes, para enviarlos a centros especializados de prueba de estos elementos, identificando su calibración y funcionamiento con los parámetros actuales.

9.5.2.2. Recomendación 2:

Si la muestra tomada arroja que dos (2) unidades de micromedidores presentan fallas al indicar menos o más del parámetro establecido, se deben instalar los que cumplen y reemplazar los que no funcionan. Este ciclo debe repetirse nuevamente hasta que se cumplan las recomendaciones del consorcio.

9.5.2.3. Recomendación 3:

Por recomendación de consorcio se debe informar a la comunidad que a los micromedidores se les realizará la lectura inicial, registrada en un acta con delegados de ambas partes.

9.5.2.4. Recomendación 4:

Con el fin de determinar el consumo de los usuarios del sistema de acueducto de Liberia se pretende inicialmente que se deben instalar micromedidores a todos lo edificaciones de los usuarios, para efectos de poder facturar el consumo real.

10. ALTERNATIVAS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE LIBERIA, VIOTÁ CUNDINAMARCA

El sistema de alcantarillado de la zona nucleada de Liberia solo se encuentra en el casco urbano, con una cobertura aproximada del 95 %. Las pocas personas que no cuentan con este servicio depositan y vierten las aguas residuales hacia pozos sépticos y letrinas.

En visitas realizadas por el consorcio encargado de realizar el PMAA de Liberia identificaron que el tanque séptico y el filtro anaeróbico cumplen con la demanda exigida. El pozo de absorción se encuentra 100 % colmatado. La recomendación realizada por el consorcio consiste en la construcción de un sistema de lecho filtro intermitente en arena, que verterá hacia el cauce de la quebrada cerca al sitio de tratamiento.

11. COSTOS POR CADA UNA DE LAS ALTERNATIVAS DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO

En el capítulo de costos por alternativa para cada uno de los componentes del sistema de acueducto, se pretende estimar los costos mediante un análisis de precios unitarios (APU) y el análisis de la administración, impuestos y utilidades (AIU), de otra forma dicho son los costos directos e indirectos que implican tomar las distintas alternativas para cada componente del sistema de acueducto. Para efectos de análisis de costos, se toman las cantidades de obra que el consorcio encargado de realizar el PMAA de Liberia vigente estipuló, los valores unitarios de cada ítem si se actualizaron al precio de hoy gracias a la página web de Construdata, Homecenter, Easy y otras entidades especializadas en materia de construcción.

11.1. COSTOS DE LA FUENTE DE CAPTACIÓN- BOCATOMA

Cuadro 11-1 Costos alternativa 1 de mantenimiento fuente de captación

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
------	-------------	--------	----------	----------------	-------------

1. OBRAS PRELIMINARES					
1.1.	Campamento o silo	M2	9	\$ 107.781	\$ 970.032
1.2.	Cinta Precaución 70mmx100m	M	100	\$ 149	\$ 14.900
				Subtotal	\$ 984.932
2. MANO DE OBRA					
2.1.	Personal de limpieza	UND	2	\$ 35.000	\$ 70.000
				Subtotal	\$ 70.000
3. HERRAMIENTAS					
3.1.	Mameluco	UND	4	\$ 150.000	\$ 600.000
3.2.	Escoba	UND	5	\$ 5.000	\$ 25.000
3.3.	Recogedor	UND	3	\$ 4.000	\$ 12.000
3.4.	Desinfectante	UND	10	\$ 4.000	\$ 40.000
3.5.	Jabón Liquido	UND	5	\$ 20.000	\$ 100.000
3.6.	Caneca	UND	8	\$ 10.000	\$ 80.000
3.7.	Bolsa de basura	UND	100	\$ 100	\$ 10.000
3.8.	Carretilla Redline-rueda inflar	UND	2	\$ 119.000	\$ 238.000
3.9.	Guantes de carnaza-Redline estandar	UND	5	\$ 6.900	\$ 34.500
3.10.	Linea de vida-soga o cuerda	M	20	\$ 1.500	\$ 30.000
3.11.	Casco con ajuste Ratchet- Zubi Ola	UND	2	\$ 20.900	\$ 41.800

3.12.	Botas punta de acero- Miami	UND	2	\$ 49.900	\$ 99.800
				Subtotal	\$ 1.311.100
				Valor total alternativa	\$ 2.366.032

Cuadro 11-2 Costos alternativa 2 de construcción de una nueva fuente de captación- Bocatoma de fondo

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1. OBRAS PRELIMINARES					
1.1.	Localización y replanteo	M2	13	\$ 3.000	\$ 39.000
1.2.	Campamento o silo	M2	9	\$ 107.781	\$ 970.032
1.3.	Demolición de la bocatoma existente	M3	11	\$ 250.000	\$ 2.750.000
				Subtotal	\$ 3.759.032
2. MOVIMIENTO DE TIERRAS					
2.1.	Excavación a mano del conglomerado de 2 m de profundidad	M3	15	\$ 35.000	\$ 525.000
2.2.	Relleno con material excavado	M3	6	\$ 18.000	\$ 108.000
2.3.	Retiro de material	M3	11	\$ 15.000	\$ 165.000
2.4.	Bolsasuelo	M3	12	\$ 25.000	\$ 300.000
				Subtotal	\$ 1.098.000
3. CONDUCCIONES Y REDES DE ACUEDUCTO					
3.1. Suministro					
3.1.1.	Tubería de PVC de 1/2"	ML	1	\$ 12.000	\$ 12.000
3.1.2.	Tubería de PVC de 3"	ML	2	\$ 15.500	\$ 31.000

3.1.3.	Uniones unión mecánica 3"	UND	1	\$ 30.000	\$ 30.000
				Subtotal	\$ 73.000
3.2. Instalación					
3.2.1.	Tubería de PVC de 2" a 4 "	ML	3	\$ 4.000	\$ 12.000
3.2.2.	Accesorios 2" a 4"	UND	1	\$ 4.500	\$ 4.500
				Subtotal	\$ 16.500
4. CONCRETO, MOERTERO Y ACERO DE REFUERZO					
4.1.	Concreto estructural 28 MPA	M3	14,2	\$ 63.000	\$ 894.600
4.2.	Acero de refuerzo 60000 PSI	KG	1200	\$ 2.200	\$ 2.640.000
4.3.	Pañete impermeabilizado	M3	12,4	\$ 15.000	\$ 186.000
				Subtotal	\$ 3.720.600
				Total APU	\$ 8.667.132
5. A.I.U.					
5.1.	Administración 21,25%				\$ 1.841.766
5.2.	Imprevistos 5%				\$ 433.357
5.3.	Utilidad 5%				\$ 433.357
				Total AIU	\$ 2.708.479
6. INTERVENTORIA					
6.1.	Interventoría 7%				\$ 606.699
				Directos+ indirectos	\$ 11.375.611

11.2. COSTOS DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Cuadro 11-3 Costos alternativa 1 de construcción de un nuevo tanque de almacenamiento

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1. OBRAS PRELIMINARES					
1.1.	Campamento o silo	M2	9	\$ 107.781	\$ 970.032
1.2.	Cinta Precaución 70mmx100m	M	100	\$ 149	\$ 14.900
1.3.	Localización y replanteo	M2	49	\$ 3.000	\$ 147.000
				Subtotal	\$ 1.131.932
2. MOVIMIENTO DE TIERRAS					
2.1.	Excavación a mano del conglomerado de 4 m de profundidad	M3	19,22	\$ 35.000	\$ 672.700
2.2.	Relleno con material excavado	M3	1,92	\$ 18.000	\$ 34.560
2.2.	Arena de peña	M3	5,8	\$ 18.000	\$ 104.400
Recebo				\$ 51.000	\$ 586.500
		M3	11,5		
2.3.	Retiro de material	M3	11	\$ 15.000	\$ 165.000
				Subtotal	\$ 1.563.160
3. CONDUCCIONES Y REDES DE ACUEDUCTO					
3.1. Suministro					
3.1.1.	Tubería de PVC de 2"	ML	35	\$ 8.000	\$ 280.000
3.1.2.	Niple de 2"	UND	22	\$ 160.000	\$ 3.520.000
3.1.3.	Válvula de compuerta sello de bronce 2"	UND	7	\$ 430.000	\$ 3.010.000
3.1.4.	Tubería de PVC de 3"	ML	2	\$ 15.500	\$ 31.000
3.1.5.	TEES- BRIDA 2"X2"	UND	5	\$ 125.000	\$ 625.000
3.1.6.	CODO-BRIDA 2"	UND	13	70000	\$

					910.000
3.1.7.	Tapa de pozo de inspección	UND	1	\$ 600.000	\$ 600.000
				Subtotal	\$ 8.976.000
3.2. Instalación					
3.2.1.	Tubería de PVC de 2" a 4 "	ML	3	\$ 4.000	\$ 12.000
3.2.2.	Accesorios 2" a 4"	UND	12	\$ 4.500	\$ 54.000
3.2.3.	Válvula de 2" a 4"	UND	4	\$ 75.000	\$ 300.000
				Subtotal	\$ 366.000
4. CONCRETO, MOERTERO Y ACERO DE REFUERZO					
4.1.	Concreto estructural 10,5 MPA	M3	9,61	\$ 300.000	\$ 2.883.000
4.1.	Concreto estructural 21 MPA	M3	37,8	\$ 570.000	\$ 21.546.000
4.2.	Acero de refuerzo 60000 PSI	KG	3402	\$ 2.200	\$ 7.484.400
4.3.	Pañete impermeabilizado	KG	60	\$ 12.000	\$ 720.000
				Subtotal	\$ 32.633.400
5. ACABADOS ARQUITECTONICOS					
5.1.	Escalera tipo gato	ML	1,7	\$ 150.000	\$ 255.000
				Subtotal	\$ 255.000
				Total APU	\$ 44.925.492
5. A.I.U.					
5.1.	Administración 21,25%				\$ 9.546.667
5.2.	Imprevistos 5%				\$ 2.246.275
5.3.	Utilidad 5%				\$ 2.246.275
				Total AIU	\$ 14.039.216
6. INTERVENTORIA					
6.1.	Interventoría 7%				\$ 17.850

TOTAL directos+ indirectos	\$ 58.964.708
----------------------------------	---------------

Cuadro 11-4 Costos alternativa 2 de mantenimiento del tanque de almacenamiento

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1. OBRAS PRELIMINARES					
1.1.	Campamento o silo	M2	9	\$ 107.781	\$ 970.032
1.2.	Cinta Precaución 70mmx100m	M	100	\$ 149	\$ 14.900
				Subtotal	\$ 984.932
2. MANO DE OBRA					
2.1.	Personal de limpieza	UND	2	\$ 35.000	\$ 70.000
				Subtotal	\$ 70.000
3. HERRAMIENTAS					
3.1.	Mameluco	UND	4	\$ 150.000	\$ 600.000
3.2.	Escoba	UND	5	\$ 5.000	\$ 25.000
3.3.	Recogedor	UND	3	\$ 4.000	\$ 12.000
3.4.	Desinfectante	UND	10	\$ 4.000	\$ 40.000
3.5.	Jabón Liquido	UND	5	\$ 20.000	\$ 100.000
3.6.	Caneca	UND	8	\$ 10.000	\$ 80.000
3.7.	Bolsa de basura	UND	100	\$ 100	\$ 10.000
3.8.	Carretilla Redline- rueda inflar	UND	2	\$ 119.000	\$ 238.000
3.9.	Guantes de carnaza- Redline estándar	UND	5	\$ 6.900	\$ 34.500
3.10.	Linea de vida- sogu o cuerda	M	20	\$ 1.500	\$ 30.000

3.11.	Casco con ajuste Ratchet- Zubi Ola	UND	2	\$ 20.900	\$ 41.800
3.12.	Botas punta de acero- Miami	UND	2	\$ 49.900	\$ 99.800
				Subtotal	\$ 1.311.100
				Valor total alternativa	\$ 2.366.032

11.3. COSTOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Cuadro 11-5 Costos alternativa de la red de distribución

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1. OBRAS PRELIMINARES					
1.3.	Localización y replanteo	ML	1200	\$ 1.500	\$ 1.800.000
1.1.	Campamento o silo	M2	9	\$ 107.781	\$ 970.032
1.2.	Cinta Precaución 70mmx100m	M	200	\$ 149	\$ 29.800
				Subtotal	\$ 2.799.832
2. DEMOLICIÓN					
2.1.	Demolición pavimento rígido	M3	67,8	\$ 195.000	\$ 13.221.000
				Subtotal	\$ 13.221.000
2. MOVIMIENTO DE TIERRAS					
2.1.	Excavación a mano de tierra de 0 m a 2 m de profundidad	M3	144,6	\$ 17.000	\$ 2.458.200
2.1.	Excavación a mano de conglomerado de 0 m a 2 m de profundidad	M3	216,9	\$ 22.000	\$ 4.771.800
2.2.	Relleno con material excavado	M3	95	\$ 19.000	\$ 1.805.000
2.2.	Arena de peña	M3	5,8	\$	\$

				18.000	104.400
	Recebo	M3	13,8	\$ 52.000	\$ 717.600
	Sub base granula SBG-4	M3	108,5	\$ 55.000	\$ 5.967.500
	Arena de peña	M3	54,2	\$ 65.000	\$ 3.523.000
	Base granula BG4	M3	81,3	\$ 65.000	\$ 5.284.500
2.3.	Retiro de material	M3	339,2	\$ 15.000	\$ 5.088.000
				Subtotal	\$ 29.720.000

3. CONDUCCIONES Y REDES DE ACUEDUCTO

3.1. Suministro

3.1.1.	Tubería de presión soldar PVC de 1"	ML	215,4	\$ 3.000	\$ 646.200
	Tubería de presión soldar PVC de 1 1/2"	ML	570,3	\$ 7.000	\$ 3.992.100
	Tubería PVC unión mecánica 2"	ML	343,2	\$ 7.500	\$ 2.574.000
				Subtotal	\$ 7.212.300

3.2. Instalación

3.2.1.	Tubería de PVC de 2" a 4 "	ML	1128,9	\$ 3.500	\$ 3.951.150
3.1. Suministro de accesorios PVC					
	Suministro de otros accesorios	GBL			\$ 1.085.000
				Subtotal	\$ 1.085.000

3.1. Instalación de accesorios PVC

	Instalación de otros accesorios	GBL			1085000
3.1.1.. Válvulas de cierre					
3.1.2.	Registro de cortina roscado 3/4"	UND	1	\$ 35.000	\$ 35.000
3.1.3.	Registro de cortina roscado	UND	3	\$ 50.000	\$ 150.000

	1"				
3.1.4.	Registro de cortina roscado 1 1/2"	UND	4	\$ 95.000	\$ 380.000
				Subtotal	565000
3.2. Reconstrucción de pavimentos, andenes y sardineles					
3.2.1.	Pavimento rígido (MR 41 Kg/cm2)				30285000
				Subtotal	30285000
3.2. Conexiones domiciliarias					
3.2.1.	Demolición de pavimento rígido	M3	14,7	\$ 195.000	\$ 2.866.500
3.2.2.	Demolición de andenes y sardineles	M3	6,6	\$ 120.000	\$ 792.000
				Subtotal	\$ 3.658.500
4. MOVIMIENTO DE TIERRAS					
4.1.	Excavación a mano de tierra de 0 m a 2 m de profundidad	M3	39,2	\$ 17.000	\$ 666.400
4.2.	Excavación a mano de conglomerado de 0 m a 2 m de profundidad	M3	58,8	\$ 22.000	\$ 1.293.600
4.3..	Arena de peña	M3	9,8	\$ 65.000	\$ 637.000
4.4..	Retiro de material	M3	25,7	\$ 15.000	\$ 385.500
				Subtotal	\$ 2.982.500
5. CONDUCCIONES Y REDES DE ACUEDUCTO					
5.1.	Collares de derivación de 2 1/2 "	UND	35	\$ 6.000	\$ 210.000
5.2.	Instalación accesorios PVC 1/2 " a 2"	UND	35	\$ 5.500	\$ 192.500
5.3.	Tubería domiciliaria de 1/2"	ML	245	\$ 1.500	\$ 367.500

				Subtotal	\$ 770.000
6. Reconstrucción de pavimentos, andenes y sardineles					
6.1.	Pavimento rígido (MR 41 Kg/cm2)	M3	14,7	\$ 475.000	\$ 6.982.500
6.2.	Anden concreto e=0,12 m	M3	14	\$ 40.000	\$ 560.000
6.3.	Sardinel en concreto e= 0,35 m	ML	14	\$ 45.000	\$ 630.000
				Subtotal	\$ 8.172.500
				Total APU	\$ 104.422.782
7. A.I.U.					
7.1.	Administración 21,25%				\$ 22.189.841
7.2.	Imprevistos 5%				\$ 5.221.139
7.3.	Utilidad 5%				\$ 5.221.139
				Total AIU	\$ 32.632.119
8. INTERVENTORIA					
8.1.	Interventoría 7%				\$ 572.075
				TOTAL directos+ indirectos	\$ 137.054.901

11.3.1. Costos macromedición 1

Cuadro 11-6 Costos alternativa 1 de macromedición 2"

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1. OBRAS PRELIMINARES					
1.1.	Localización y replanteo	ML	17	\$ 2.000	\$ 34.000
1.2..	Campamento o silo	M2	9	\$ 107.781	\$ 970.032
1.3..	Cinta Precaución 70mmx100m	M	200	\$ 149	\$ 29.800

				Subtotal	\$ 1.033.832
2. MOVIMIENTO DE TIERRAS					
2.1.	Excavación a mano de tierra de 0 m a 4 m de profundidad	M3	4,6	\$ 31.000	\$ 142.600
2.2.	Relleno con material excavado	M3	0,8	\$ 19.000	\$ 15.200
2.2.	Arena de peña	M3	0,6	\$ 65.000	\$ 39.000
2.3.	Retiro de material	M3	4	\$ 15.000	\$ 60.000
				Subtotal	\$ 256.800
3. CONDUCCIONES Y REDES DE ACUEDUCTO					
3.1. Suministro					
3.1.1.	Brida universal con acople universal 2"	UND	2	\$ 50.000	\$ 100.000
3.1.2.	Pasa muro de 2"	UND	2	\$ 190.000	\$ 380.000
3.1.3.	Tees brida 2" X 2"	UND	2	\$ 125.000	\$ 250.000
3.1.4.	Válvula de compuerta con sello de bronce 2 "	UND	2	\$ 430.000	\$ 860.000
3.1.5.	Filtro extremo y bridda con 2"	UND	1	\$ 270.000	\$ 270.000
3.1.6.	Niple HD de 2 "	UND	2	\$ 195.000	\$ 390.000
3.1.7.	Macromedidro tipo turbina helicoidal de 2 "	UND	1	\$ 1.050.000	\$ 1.050.000
3.1.8.	Unión HD dresser de 2 "	UND	1	\$ 52.000	\$ 52.000
3.1.9.	Codo de 90 ° HD brida de 2"	UND	2	\$ 70.000	\$ 140.000
3.1.10.	Válvula de compuerta con sello de bronce 2 "	UND	1	\$ 430.000	\$ 430.000
3.1.11.	Niple HD de 2 "	UND	1	\$	\$ 300.000

				300.000	
3.1.12.	Unión HD dresser de 2 "	UND	1	\$ 52.000	\$ 52.000
3.1.13.	Tees brida 2" X 2"	UND	2	\$ 125.000	\$ 250.000
3.1.14.	Brida roscada de 2 "	UND	1	\$ 52.000	\$ 52.000
3.1.15.	Niple HD de 2 " roscado	UND	2	\$ 200.000	\$ 400.000
3.1.16.	Registro de cortina roscado	UND	1	\$ 55.000	\$ 55.000
3.1.17.	Válvula ventosa de cámara sencilla	UND	1	\$ 250.000	\$ 250.000
3.1.18.	Niple HG de 4"	UND	2	\$ 70.000	\$ 140.000
3.1.19.	Codo HG de 4"	UND	2	\$ 50.000	\$ 100.000
3.1.20.	Tapa para pozo de inspección con llave de seguridad	UND	1	\$ 650.000	\$ 650.000
	Subtotal				\$ 6.171.000
3.2. Instalación					
3.2.1.	Instalación de accesorios HD de 2" a 4 "	UND	14	\$ 5.000	\$ 70.000
3.2.2.	Instalación del pasamuros	UND	12	\$ 65.000	\$ 780.000
3.2.3.	Instalación de las válvulas de 2" a 4"	UND	6	\$ 80.000	\$ 480.000
3.2.4.	instalación de válvulas de retención o de globo de 2" a 4"	UND	2	\$ 95.000	\$ 190.000
				Subtotal	\$ 1.520.000
4. CONCRETO, MOERTERO Y ACERO DE REFUERZO					
4.1.	Concreto estructural 10,5 MPA	M3	0,3	\$ 300.000	\$ 90.000
4.1.	Concreto estructural 21	M3	3,2	\$ 570.000	\$ 1.824.000

	MPA				
4.2.	Mortero resistencia 10,5 MPA	M3	0,2	\$ 250.000	\$ 50.000
4.3.	Acero de refuerzo 60000 PSI	KG	288	\$ 2.200	\$ 633.600
4.4.	Adhesivo epoxico de concreto fresco	KG	0,5	\$ 7.000	\$ 3.500
4.5.	Cinta PVC V-22	M	12	\$ 45.000	\$ 540.000
				Subtotal	\$ 3.141.100
5. ACABADOS ARQUITECTONICOS					
5.1.	Escalera tipo gato	M	0,9	\$ 150.000	\$ 135.000
5.2.	Apoyo Angulo para tapas modulares	M	10,6	20000	\$ 212.000
5.3.	Tapas láminas de alfajor calibre 12	UND	3	16000	\$ 48.000
5.4.	Vinilo sobre pañete	M2	9	5000	\$ 45.000
				Subtotal	\$ 135.000
				Total APU	\$ 12.257.732
5. A.I.U.					
5.1.	Administración 21,25%				\$ 2.604.768
5.2.	Imprevistos 5%				\$ 612.887
5.3.	Utilidad 5%				\$ 612.887
				Total AIU	\$ 3.830.541
6. INTERVENTORIA					
6.1.	Interventoría 7%				\$ 858.041
				TOTAL directos+ indirectos	\$ 16.088.273

11.3.2. Costos macromedicion 2

Cuadro 11-7 Costos alternativa 2 de macromedicion 1"

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1. MOVIMIENTO DE TIERRAS					
1.1.	Excavación a mano de tierra de 0 m a 4 m de profundidad	M3	4,6	\$ 31.000	\$ 142.600
1.2.	Relleno con material excavado	M3	0,8	\$ 19.000	\$ 15.200
1.3.	Arena de peña	M3	0,6	\$ 65.000	\$ 39.000
1.4.	Retiro de material	M3	4	\$ 15.000	\$ 60.000
				Subtotal	\$ 256.800
2. CONDUCCIONES Y REDES DE ACUEDUCTO					
2.1. Suministro					
2.1.1.	Tee en HG DN 1"	UND	2	\$ 3.000	\$ 6.000
2.1.2.	Tubería PVC presión soldar 1"	M	4,2	\$ 3.500	\$ 14.700
2.1.3.	Adaptadores macho 1 "	UND	8	\$ 1.000	\$ 8.000
2.1.4.	Válvula de globo 1 "	UND	3	\$ 120.000	\$ 360.000
2.1.5.	Filtro tipo y extremo roscado 1"	UND	1	\$ 94.000	\$ 94.000
2.1.6.	Medidor tipo Woltman 1 "	UND	1	\$ 350.000	\$ 350.000
2.1.7.	Universales HG 1 " soldar	UND	2	\$ 18.000	\$ 36.000
2.1.8.	Codo de 90 ° soldar 1 "	UND	2	\$ 2.200	\$ 4.400
				Subtotal	\$ 873.100
2.2. Instalación					
2.2.1.	Instalación PVC de 1 " a 1/2 "	ML	4,2	\$ 5.000	\$ 21.000
2.2.2	Instalación de las válvulas de 1/2" a 1 1/2"	ML	3	\$ 61.000	\$ 183.000
				Subtotal	\$ 204.000
3. CONCRETO, MOERTERO Y ACERO DE REFUERZO					

3.1.	Concreto estructural 10,5 MPA	M3	0,3	\$ 300.000	\$ 90.000
3.2..	Concreto estructural 21 MPA	M3	3,2	\$ 570.000	\$ 1.824.000
3.3.	Mortero resistencia 10,5 MPA	M3	0,2	\$ 250.000	\$ 50.000
3.4..	Acero de refuerzo 60000 PSI	KG	288	\$ 2.200	\$ 633.600
3.5.	Adhesivo epoxico de concreto fresco	KG	1,2	\$ 50.000	\$ 60.000
3.6.	Cinta PVC V-22	M	12	\$ 45.000	\$ 540.000
				Subtotal	\$ 3.197.600
4. ACABADOS ARQUITECTONICOS					
4.1.	Escalera tipo gato	M	0,9	\$ 150.000	\$ 135.000
4.2.	Apoyo Angulo para tapas modulares	M	10,6	20000	\$ 212.000
4.3.	Tapas láminas de alfajor calibre 12	UND	3	16000	\$ 48.000
4.4.	Vinilo sobre pañete	M2	9	5000	\$ 45.000
				Subtotal	\$ 135.000
				Total APU	\$ 4.666.500
5. A.I.U.					
5.1.	Administración 21,25%				\$ 991.631
5.2.	Imprevistos 5%				\$ 233.325
5.3.	Utilidad 5%				\$ 233.325
				Total AIU	\$ 1.458.281
6. INTERVENTORIA					
6.1.	Interventoría 7%				\$ 326.655
				TOTAL directos+ indirectos	\$ 6.124.781

11.3.3. Costos macromedición 3

Cuadro 11-8 Costos alternativa 2 de macromedición 1 1/2"

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1. MOVIMIENTO DE TIERRAS					
1.1.	Excavación a mano de tierra de 0 m a 4 m de profundidad	M3	9,2	\$ 31.000	\$ 285.200
1.2.	Relleno con material excavado	M3	1,6	\$ 19.000	\$ 30.400
1.3.	Arena de peña	M3	1,2	\$ 65.000	\$ 78.000
1.4.	Retiro de material	M3	8	\$ 15.000	\$ 120.000
				Subtotal	\$ 513.600
2. CONDUCCIONES Y REDES DE ACUEDUCTO					
2.1. Suministro					
2.1.1.	Tee en HG DN 1"	UND	5	\$ 5.100	\$ 25.500
2.1.2.	Tubería PVC presión soldar 1"	M	10	\$ 6.800	\$ 68.000
2.1.3.	Adaptadores macho 1 "	UND	16	\$ 2.500	\$ 40.000
2.1.4.	Válvula compuerta de vástago fijo 1 1/2 "	UND	6	\$ 90.000	\$ 540.000
2.1.5.	Filtro tipo y extremo roscado 1"	UND	1	\$ 94.000	\$ 94.000
2.1.6.	Medidor tipo Woltman 1 1/2"	UND	2	\$ 485.000	\$ 970.000
2.1.7.	Universales HG 1 " 1/2 " soldar	UND	4	\$ 12.000	\$ 48.000
2.1.8.	Codo de 90 ° soldar 1 1/2"	UND	5	\$ 3.800	\$ 19.000

Subtotal \$ 1.804.500

2.2. Instalación					
2.2.1.	Instalación PVC de 1 " a 1/2 "	ML	4,2	\$ 5.000	\$ 21.000
2.2.2.	Instalación de las válvulas de 1/2" a 1 1/2"	ML	6	\$ 61.000	\$ 366.000
				Subtotal	\$ 387.000
3. CONCRETO, MOERTERO Y ACERO DE REFUERZO					
3.1.	Concreto estructural 10,5 MPA	M3	0,6	\$ 300.000	\$ 180.000
3.2.	Concreto estructural 21 MPA	M3	6,4	\$ 570.000	\$ 3.648.000
3.3.	Mortero resistencia 10,5 MPA	M3	0,4	\$ 250.000	\$ 100.000
3.4.	Acero de refuerzo 60000 PSI	KG	576	\$ 2.200	\$ 1.267.200
3.5.	Adhesivo epoxico de concreto fresco	KG	2,4	\$ 50.000	\$ 120.000
3.6.	Impermeabilizante para concreto	KG	1	\$ 6.500	\$ 6.500
3.7.	Cinta PVC V-22	M	24	\$ 45.000	\$ 1.080.000
				Subtotal	\$ 6.401.700
4. ACABADOS ARQUITECTONICOS					
4.1.	Escalera tipo gato	M	1	\$ 150.000	\$ 150.000
4.2.	Apoyo Angulo para tapas modulares	M	21	20000	\$ 420.000
4.3	Tapas láminas de alfajor calibre 12	UND	6	16000	\$ 96.000
4.4.	Vinilo sobre pañete	M2	18	5000	\$ 90.000
				Subtotal	\$ 150.000
				Total APU	\$ 9.256.800
5. A.I.U.					
5.1.	Administración				\$ 1.967.070

	21,25%				
5.2.	Imprevistos 5%				\$ 462.840
5.3.	Utilidad 5%				\$ 462.840
				Total AIU	\$ 2.892.750
6. INTERVENTORIA					
6.1.	Interventoría 7%				\$ 647.976
				TOTAL directos+ indirectos	\$ 12.149.550

11.4. COSTOS ALCANTARILLADO

11.4.1. Costos alternativa 1 de alcantarillado de colectores en concreto

Cuadro 11-8 Costos alternativa 1- colectores en concreto

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1. OBRAS PRELIMINARES					
1.1.	Localización y replanteo	ML	125,2	\$ 1.600	\$ 200.320
1.2.	Campamento o silo	M2	9	\$ 107.781	\$ 970.032
1.3.	Cinta Precaución 70mmx100m	M	200	\$ 149	\$ 29.800
				Subtotal	\$ 1.200.152
2. MOVIMIENTO DE TIERRAS					
2.1.	Excavación mecánica	M3	40,2	\$ 7.000	\$ 281.400
2.2.	Excavación a mano de tierra de 0 m a 2 m de profundidad	M3	20,1	\$ 17.000	\$ 341.700
2.3.	Excavación a mano en conglomerado de 0 m a 2 m de profundidad	M3	96,9	\$ 21.000	\$ 2.034.900
2.4.	Excavación a mano en conglomerado de	M3	43,7	\$ 31.000	\$ 1.354.700

	0 m a 4 m de profundidad				
2.5.	Entibado tipo 1A (discontinuo en madera)	M2	17,7	\$ 43.000	\$ 761.100
2.6.	Entibado tipo 2 (continuo en madera)	M2	70,9	\$ 55.000	\$ 3.899.500
2.7.	Relleno con material excavado	M3	165,4	\$ 21.000	\$ 3.473.400
2.8.	Triturado	M3	69,4	\$ 58.000	\$ 4.025.200
2.9.	Retiro de material	M3	200,9	\$ 15.000	\$ 3.013.500
				Subtotal	\$ 18.904.000

3. REDES DE ALCANTARILLADO DE AGUAS SERVIDAS					
3.1.	Suministro de tuberías en concreto para alcantarillado				
3.1.1.	Tubería de concreto si refuerzo clase 1 de 8"	M	19,7	\$ 28.000	\$ 551.600
3.1.2.	Tubería de concreto si refuerzo clase 1 de 12"	M	105,5	\$ 46.000	\$ 4.853.000
3.2.	Instalación de tuberías en concreto para alcantarillado				
3.2.1.	Instalación de tuberías en concreto de 6" a 12"	M	125,2	\$ 8.100	\$ 1.014.120
3.3	Pozos de inspección				
3.3.1.	Placa de fondo de 1,96 m de diámetro (concreto de 3000 psi con refuerzo)	UND	19,7	\$ 27.000	\$ 531.900
3.3.2	Placa cubierta pozo D=100 cm	UND	4	\$ 275.000	\$ 1.100.000
3.3.3.	Tapa para pozo D= 70 cm	UND	4	\$ 125.000	\$ 500.000

3.3.4.	Cilindro para pozo de inspección D= 120 cm mampostería	ML	\$ 5	\$ 480.000	2304000
3.3.5.	tapa en ferro concreto para pozos de inspección	UND	\$ 4	\$ 150.000	600000
				Subtotal	\$ 16.708.820
				Total APU	\$ 36.812.972
4. A.I.U.					
4.1.	Administración 21,25%				\$ 7.822.757
4.2.	Imprevistos 5%				\$ 1.840.649
4.3.	Utilidad 5%				\$ 1.840.649
				Total AIU	\$ 11.504.054
5. INTERVENTORIA					
5.1.	Interventoría 7%				\$ 2.576.908
				TOTAL directos+ indirectos	\$ 48.317.026

11.4.2. Costos Alternativa 2 de alcantarillado colectores en PVC

Cuadro 11-9 Costos alternativa 2- colectores en PVC

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1. OBRAS PRELIMINARES					
1.1.	Localización y replanteo	ML	125,2	\$ 1.600	\$ 200.320
1.2.	Campamento o silo	M2	9	\$ 107.781	\$ 970.032
1.3.	Cinta Precaución 70mmx100m	M	200	\$ 149	\$ 29.800
				Subtotal	\$ 1.200.152
2. MOVIMIENTO DE TIERRAS					
2.1.	Excavación mecánica	M3	40,2	\$ 7.000	\$ 281.400
2.2.	Excavación a mano de tierra de 0 m a 2 m de profundidad	M3	20,1	\$ 17.000	\$ 341.700
2.3.	Excavación a mano en conglomerado de 0 m a 2 m de profundidad	M3	96,9	\$ 21.000	\$ 2.034.900
2.4.	Excavación a mano en conglomerado de 0 m a 4 m de profundidad	M3	43,7	\$ 31.000	\$ 1.354.700
2.5.	Entibado tipo 1A (discontinuo en madera)	M2	17,7	\$ 43.000	\$ 761.100
2.6.	Entibado tipo 2 (continuo en madera)	M2	70,9	\$ 55.000	\$ 3.899.500
2.7.	Relleno con material excavado	M3	165,4	\$ 21.000	\$ 3.473.400
2.8.	Triturado	M3	69,4	\$ 58.000	\$ 4.025.200
2.9.	Retiro de material	M3	200,9	\$ 15.000	\$ 3.013.500
				Subtotal	\$ 18.904.000
3. REDES DE ALCANTARILLADO DE AGUAS SERVIDAS					

3.1.	Suministro de tuberías en PVC para alcantarillado				
3.1.1.	Tubería de PVC de diámetro de 200 mm	M	19,7	\$ 35.000	\$ 689.500
3.1.2.	Tubería de PVC de diámetro de 315 mm	M	105,5	\$ 72.000	\$ 7.596.000
3.2.	Instalación de tuberías en PVC para alcantarillado				
3.2.1.	Instalación de tuberías en PVC de 200 m a 315 mm	M	125,2	\$ 4.500	\$ 563.400
3.3	Pozos de inspección				
3.3.1.	Placa de fondo de 1,96 m de diámetro (concreto de 3000 psi con refuerzo)	UND	4	\$ 535.000	\$ 2.140.000
3.3.2	Placa cubierta pozo D=100 cm	UND	4	\$ 275.000	\$ 1.100.000
3.3.3.	Tapa para pozo D= 70 cm	UND	4	\$ 125.000	\$ 500.000
3.3.4.	Cilindro para pozo de inspección D= 120 cm mampostería	ML	4,8	\$ 480.000	2304000
3.3.5.	tapa en ferro concreto para pozos de inspección	UND	4	\$ 150.000	600000
				Subtotal	\$ 20.747.100
				Total APU	\$ 40.851.252
4. A.I.U.					
4.1.	Administración 21,25%				\$ 8.680.891
4.2.	Imprevistos 5%				\$ 2.042.563
4.3.	Utilidad 5%				\$ 2.042.563
				Total AIU	\$ 12.766.016
5. INTERVENTORIA					
5.1.	Interventoría 7%				\$ 2.859.588

TOTAL directos+ indirectos	\$ 53.617.268
----------------------------------	---------------

12. DISEÑO Y ELECCIÓN FINAL DE LAS ALTERNATIVAS

En este capítulo se quiere mostrar cual es la alternativa más factible entre las dos o más sugeridas, y que mejor se acomoda a las necesidades del centro nucleado de Liberia, teniendo en cuenta factores de tipo social, económico y espacio-tiempo. Este análisis se basa en el capítulo anterior denominado como “Alternativas del sistema de acueducto y alcantarillado”, tomando los costos de cada una de las alternativas como factor predominante.

12.1. SISTEMA DE ACUEDUCTO

12.1.1. Fuente de captación-bocatoma de fondo

En el componente de la bocatoma desde el sistema de acueducto del centro nucleado de Liberia, se identificaron dos posibles alternativas a partir del diagnóstico de la infraestructura (aplicando la resolución 0330 del 2017): 1) Optimización de la bocatoma existente (mantenimiento periódico) y 2) construcción de una nueva bocatoma de fondo, en el mismo lugar de la existente.

Con base a los cálculos realizados por el consorcio y de aplicar la resolución 0330 del 2017, se identifica que el caudal de diseño de la bocatoma cumple con todos los requisitos exigidos por la resolución, y en todos los años, por tal razón se infiere que no hay necesidad de la construcción de una nueva bocatoma, incluso este componente trabaja con un alto nivel de colmatación, debido al arrastre de material vegetal, obstruyendo la rejilla por donde el agua ingresa a la bocatoma.

Se escoge la alternativa 1) como diseño para el componente de la bocatoma, y se puede establecer como una alternativa a corto plazo, ya que las actividades que se requieren para esta alternativa no demandan muchos costos, tiempo y personal. La razón fundamental para la elección de esta alternativa es el hecho del factor económico, que es considerablemente más bajo que la alternativa 2) (construcción de una nueva bocatoma).

Como se había expuesto en el capítulo de “Alternativas del sistema de acueducto”, la alternativa 1 consiste en un mantenimiento periódico a la bocatoma, debido a que en las visitas realizadas por el consorcio se observa un nivel de colmatación de la rejilla. El personal utilizado para esta alternativa es nativo de Liberia,

además que la herramienta necesaria para cumplir con su trabajo es herramienta menor (Véase cuadro 11-1). Otra de las ventajas de la elección de esta alternativa es que se puede identificar fallas a tiempo, evitando futuros daños que pueden generar hasta un desabastecimiento en Liberia. En el **anexo 1** se presenta el plano de este componente (realizado por el consorcio).

12.1.2. Desarenador

Con base en los cálculos realizados por el consorcio y del aplicar la resolución 0330 del 2017, se observa que este componente cumple con los requisitos exigidos por la resolución 0330, desde el año de inicio hasta el año horizonte (similar a la fuente de captación). De las visitas realizadas por el consorcio se evidencia que la estructura como tal sufre de falta de mantenimiento (limpieza y fallas menores), que en la actualidad no está provocando ningún tipo de falla que pueda desembocar en algo grave. Se considera que no es necesario realizar ninguna intervención a este componente, a excepción de un mantenimiento periódico a este componente, evitando futuras fallas.

El personal utilizado para esta alternativa es nativo de Liberia (puede ser el mismo del componente de la fuente de captación), además que la herramienta necesaria para cumplir con su trabajo es herramienta menor (Véase cuadro 11-2). Otra de las ventajas de la elección de esta alternativa es que se puede identificar fallas a tiempo, evitando futuros daños que pueden generar hasta un desabastecimiento en Liberia. En el **anexo 2** se presenta el plano de este componente (realizado por el consorcio).

12.1.3. Tanque de almacenamiento

Con base en los cálculos realizados por el consorcio y del aplicar la resolución 0330 del 2017, se observa que este componente no cumple con los requisitos exigidos por la resolución 0330, desde el año de inicio hasta el año horizonte (similar a la fuente de captación). Este se puede deber a que gracias a las visitas realizadas por el consorcio se evidencia que el tanque tiene aberturas, además que sufre de falta de mantenimiento. La capacidad del tanque actualmente es de 43 m³ Vs la demandada es de 118 m³, además que el tiempo de retención en algunos de los años de estudio no cumple con el requisito de que sea > 20 minutos. Como medida a mediano plazo se establece la elección de la alternativa

2, que consiste en la construcción de un nuevo tanque de almacenamiento, ya que son varios los factores de los cuales no está cumpliendo el tanque de almacenamiento. Los costos de la elección de esta alternativa se pueden observar en el cuadro 11-3, el plano de este componente en el **anexo 3** y los nuevos cálculos a continuación:

Cuadro 12-1 Cálculos alternativa 1- construcción de un nuevo tanque de almacenamiento

AÑO	Qmd l/s	QMD l/s	Qmd m3/di a	QMD m3/di a	VolM D m3	V incendi o m3	V total m3	V restant e	T (minutos)
2012	3,16	4,10	273,0 2	354,2 4	118,0 8	0,00	118,0 8	1,92	10
2016	1,15	1,50	99,36	129,6 0	43,20	0,00	43,20	76,80	33,00
2021	1,19	1,55	102,8 2	133,9 2	44,64	0,00	44,64	75,36	35
2026	1,24	1,61	107,1 4	139,1 0	46,37	0,00	46,37	73,63	29
2031	1,29	1,67	111,4 6	144,2 9	48,10	0,00	48,10	71,90	33
2036	1,34	1,74	115,7 8	150,3 4	50,11	0,00	50,11	69,89	29

12.1.4. Líneas de aducción y de conducción

Para este componente se pretende optimizar las líneas de aducción y conducción, renovando las tuberías e instalación de un nuevo tramo para que quede el circuito cerrado (aducción 1 y aducción 2). Para la línea de conducción requiere la instalación de válvulas de purga, ventosas y válvulas de corte, con el fin de poder optimizar el funcionamiento de este componente.

12.1.5. Sectorización de las redes hidráulicas

Como se había explicado previamente, el consorcio definió para el estudio de diseño de las alternativas 4 sectores hidráulicos (sector Liberia, sector Tramas, sector Brisas y el sector Cape/Pueblo Nuevo). Así que se adoptan estas

recomendaciones, en las cuales se indica la instalación de un macromedidor para cada uno de los sectores hidráulicos anteriormente descritos. (Véase desde el cuadro 11-6 al cuadro 11-8)

12.2. SISTEMA DE ALCANTARILLADO

La opción más factible para el sistema de alcantarillado de Liberia es la alternativa 1, correspondiente a la renovación de las redes de alcantarillado combinado, en colectores de concreto simple pozo 15-pozo séptico y la renovación de una caja domiciliaria desde el pozo 16 hasta el pozo 17. Gracias a las visitas realizadas por el consorcio se evidencio que el resto de la tubería aguas arriba se encuentra en buenas condiciones de uso. Los costos para esta alternativa se presentan en el cuadro 11-8.

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LA ATUALIZACIÓN DEL PMAA VIGENTE DE LIBERIA

- Una de las grandes diferencias encontradas en la resolución 0330 Vs la resolución con la que el consorcio realizó el PMAA, consiste en el valor del nivel de complejidad de la zona de estudio, debido a que el nivel de complejidad de Liberia con respecto a la resolución 0330 es bajo, mientras que la realización de este PMAA se basó en un nivel de complejidad medio.
- A partir del nivel de complejidad todos los cálculos realizados cambian, debido a que la dotación neta es directamente proporcional al nivel de complejidad. Tal y como lo hizo el consorcio en el PMAA vigente, se planteó que la dotación bruta va disminuyendo progresivamente los primeros cinco años de proyección hasta alcanzar el valor exigido por la resolución 0330.
- Los cálculos con los que se trabajó para la actualización del PMAA para las estructuras del sistema de acueducto y alcantarillado son los mismos con los que se basó el consorcio, el RAS y el libro de Fredy Corcho-Acueductos, teoría y diseño.
- De todos los componentes del sistema de acueducto de Liberia, el desarenador es el único componente que no está cumpliendo con lo estipulado en la resolución 0330 del 2017, tampoco en el PMAA vigente. Por tal motivo se presentan nuevamente los cálculos con las dimensiones requeridas para que pueda cumplir con la demanda proyectada y con el tiempo de retención exigido.

- En términos generales el sistema de acueducto y alcantarillado de Liberia se encuentra en buen estado, evidenciando únicamente falta de mantenimiento y de limpieza en la fuente de captación y el tanque de almacenamiento, por lo que se recomienda realizar un mantenimiento periódico a dichas estructuras, así optimizando el servicio de acueducto a la comunidad.
- Para efectos del análisis de la actualización del PMAA de Liberia, no se estudia el componente de la planta de potabilización en el sistema de acueducto.
- El sistema de alcantarillado solo tiene cobertura en el centro poblado de Liberia, alrededor del 95 % de cobertura.
- Se propone una inversión y acompañamiento de las entidades gubernamentales en este sitio, y en los otros miles de lugares en nuestro país, con el motivo de brindar el derecho fundamental del agua a los colombianos.